ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ.

ЖУРНАЛЪ,

издаваемый

Проф. П. А. Зиловымъ.

ТОМЪ ТРЕТІЙ

1902 г.

Министерствомъ Народнаго Просвѣщенія журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ и ученическихъ (старшаго возраста) библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для фундаментальныхъ библіотекъ женскихъ гимназій и для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій.

ВАРШАВА
Типографія Варшавскаго Учебнаго Округа, Краковское Предмѣстье, № 3.
1902.



Дозволено цензурою,
Варшава, 17 ноября 1902 года.

СОДЕРЖАНІЕ.

Обзоры

Рѣчи и лекціи

Преподаваніе физики

Хроника

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

Страница:	*Строка:*	*Напечатано:*	*Должно быть:*
50	11 св.	проводящами	проводящими
80	6 „	оба	она
„	3 сн.	они	онѣ
83	13 „	1 abn	1 atm
„	3 „	0 0001	0·0001
128	3 „	теоретическими	критическими
247	13 св.	1·02, 10, — , 34	1·02, 20, — , 34
„	14 „	$237 \cdot 10^{-5}$	$937 \cdot 10^{-5}$
301	17 „	безъ вѣрна	вѣрна

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1902 г. ТОМЪ 3 No. 1

Современное состояніе ученія объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ.

О. Д. Хвольсона [1]).

Приступая къ послѣднему отдѣлу курса физики, мы считаемъ необходимымъ начать съ краткой характеристики того особеннаго, несомнѣнно весьма страннаго и исключительнаго состоянія, въ которомъ находится наука объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ въ началѣ двадцатаго столѣтія. Въ этой наукѣ, составляющей обширнѣйшій и интереснѣйшій отдѣлъ физики, слѣдуетъ, въ настоящее время, отличать три различныя стороны или направленія.

I. Во-первыхъ мы имѣемъ дѣло съ *внѣшнимъ обликомъ* весьма большого числа разнообразныхъ явленій, которыя, воспринятыя нашими органами чувствъ, вызываютъ въ насъ болѣе или менѣе отчетливое представленіе о томъ, что̀ въ данномъ мѣстѣ и при данныхъ условіяхъ происходитъ, или, вѣрнѣе говоря, намъ кажется происходящимъ. На этомъ внѣшнемъ обликѣ, а отчасти также на томъ представленіи, которое они въ насъ вызываютъ, основано *описаніе* явленій. Въ неразрывной для насъ связи съ явленіями и съ ихъ описаніемъ находятся тѣ закономѣрныя связи и тѣ правила, которымъ повинуются качественныя и количественныя стороны этихъ явленій. Эти закономѣрныя связи и эти правила, характерныя для даннаго явленія, должны входить, какъ важнѣйшая составная часть, въ его описаніе; лишенное этой части, описаніе явленія не обладало бы тою степенью полноты,

[1]) Введеніе къ IV тому Курса Физики О. Д. Хвольсона.

которая возможна при наличномъ въ данный моментъ запасѣ научныхъ познаній.

Слѣдуетъ замѣтить, что въ этомъ первомъ направленіи наука, которой мы посвящаемъ этотъ томъ, достигла высокой степени развитія. Намъ извѣстно столь огромное число разнообразнѣйшихъ электрическихъ и магнитныхъ явленій, что одно описаніе главнѣйшихъ изъ нихъ могло бы составить многотомное сочиненіе. Въ то же время намъ съ величайшею, можно сказать съ абсолютною точностью извѣстны тѣ законы, по которымъ происходитъ большинство этихъ явленій, т. е. тѣ закономѣрныя связи, которыя существуютъ между величинами, характерными для данныхъ явленій. Иначе говоря, мы знаемъ, при какихъ условіяхъ явленіе возникаетъ, а слѣдовательно мы можемъ его вызвать по нашему желанію, и мы можемъ въ огромномъ числѣ случаевъ предсказать мельчайшія детали самого явленія, его теченіе и тѣ окончательные результаты, къ которымъ оно приводитъ. Весьма важно замѣтить, что весь научный матеріалъ, характеризующій разсматриваемую сторону ученія объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ, совершенно не зависитъ отъ того взгляда на сущность этихъ явленій, который въ данный моментъ господствуетъ въ наукѣ. Зато этотъ взглядъ имѣетъ огромное, и къ сожалѣнію иногда весьма для науки *вредное* вліяніе на ту терминологію, которою мы пользуемся, описывая данное явленіе и формулируя относящіеся къ нему законы. Изъ дальнѣйшаго будетъ видно, въ какой мѣрѣ установившаяся терминологія можетъ тормазить эволюцію научныхъ представленій о сущности разсматриваемыхъ явленій.

II. Вторую сторону современнаго ученія объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ составляетъ разсмотрѣніе многочисленныхъ и разнообразныхъ практическихъ примѣненій этихъ явленій. Возможность такихъ примѣненій основано на только-что указанномъ умѣньи вызвать явленія и на глубокомъ и всестороннемъ знакомствѣ съ ихъ характеромъ и съ тѣми законами, которыми они управляются. Въ очень большомъ числѣ случаевъ слѣдуетъ смотрѣть на такое знакомство, какъ на имѣющее чисто эмпирическій характеръ. Нѣтъ никакой возможности перечислить всѣ практическія примѣненія электрическихъ и магнитныхъ явленій, ибо сюда относится вся необъятная область электротехники: телеграфія и телефонія, электрическое освѣщеніе, электрическая передача работы и электрическая тяга, галь-

вонопластика, электрометаллургія, построеніе динамоэлектрическихъ машинъ и другихъ источниковъ электрическаго тока, напримѣръ термоэлектрическихъ батарей и аккумуляторовъ, телеграфированіе безъ проводовъ, безчисленные мелкіе приборы, дѣйствующіе при помощи электричества и т. д.; сюда же относятся и тѣ многочисленныя примѣненія электричества въ медицинѣ, которыя были выработаны путемъ чисто эмпирическимъ.

Итакъ мы знакомы съ явленіями и столь широко умѣемъ ими пользоваться для достиженія той или другой практической цѣли, что справедливо уже теперь называютъ новый вѣкъ—вѣкомъ электричества.

III. Третью сторону науки о явленіяхъ, которымъ посвященъ настоящій томъ, составляютъ попытки *объяснить* эти явленія, создать ихъ „теорію", показать, что всѣ они представляютъ необходимыя слѣдствія существованія нѣкотораго, хотя бы и болѣе или менѣе гипотетическаго субстрата, обладающаго нѣкоторыми опредѣленными свойствами, благодаря которымъ, и въ силу приложимости къ этому субстрату законовъ механики и термодинамики, явленія и производятъ на наши органы чувствъ тѣ впечатлѣнія, на основаніи которыхъ мы создаемъ ихъ описаніе.

Мы считаемъ нужнымъ съ самаго начала выяснить современное положеніе этой стороны занимающаго насъ ученія, и мы намѣрены сдѣлать это съ тою полною откровенностью, которая полагаетъ, что истина есть важнѣйшее и драгоцѣннѣйшее сокровище, обладаніе которымъ должно быть высшею цѣлью стремленій человѣка, какъ бы мало утѣшительна или привлекательна ни была бы та форма, въ которую эта истина была облечена.

По нашему мнѣнію истинное научное *знаніе* какого бы то ни было отдѣла физики и заключается въ *правильномъ* уразумѣніи того значенія, которое въ данный моментъ имѣютъ тѣ или другія теоріи, тѣ или другія гипотезы. Допустимъ, что въ нѣкоторый данный моментъ происходитъ борьба двухъ гипотезъ— можно сказать двухъ міровоззрѣній—, причемъ каждая изъ нихъ настойчиво сохраняетъ положеніе, занятое ею въ нѣкоторой *части* науки, такъ что, переходя отъ одной части къ другой, приходится при разсужденіяхъ, выводахъ и объясненіяхъ одну гипотезу или теорію замѣнять другою. Тотъ, кто именно при такой стадіи развитія науки полагалъ бы, что борьба кончилась, что одна изъ двухъ теорій одержала полную побѣду, и что слѣд. существуетъ полная возможность всѣ части данной науки по-

строить на *одной* гипотезѣ, очевидно, не заслуживалъ бы названія истиннаго знатока этой науки. Зато будетъ гораздо болѣе правъ тотъ, кто откровенно заявитъ, что въ данный моментъ эта наука совершенно лишена истинно научной теоріи, что гипотезы и теоріи, пригодныя только для опредѣленныхъ ея частей, имѣютъ мимолетный, рабочій характеръ, принося временную, хотя можетъ быть и очень большую пользу развитію тѣхъ частей, для которыхъ онѣ какъ бы спеціально предназначены.

Въ такомъ именно положеніи и находится нынѣ наука о явленіяхъ электрическихъ и магнитныхъ; она совершенно лишена истинно научной теоріи, которая была бы одинаково примѣнима ко всѣмъ ея частямъ. Не преувеличивая и глядя трезво на факты, мы должны сказать, что въ той части нашей науки, которая стремится объяснить относящіяся къ ней явленія, *нынѣ царствуетъ хаосъ*, и что никакой опредѣленной, твердо установившейся и достаточно всеобъемлющей теоріи, которая могла бы служить надежнымъ фундаментомъ для объясненія явленій, не существуетъ. Откровенно высказывая съ самаго начала столь рѣзкую характеристику современнаго положенія нашей науки, мы полагаемъ, что для нашихъ читателей это будетъ болѣе полезнымъ, чѣмъ скрываніе истиннаго положенія дѣла, которое неминуемо должно повести къ неправильному объ немъ представленію. Мы думаемъ, что, стараясь нарисовать по возможности точную картину современной фазы борьбы двухъ гипотезъ (вѣрнѣе двухъ группъ гипотезъ) и не скрывая всей шаткости положенія какъ той, такъ и другой, мы создадимъ для нашихъ читателей прочный фундаментъ, опираясь на который, они окажутся приготовленными съ полнымъ пониманіемъ слѣдить за дальнѣйшими перепитіями борьбы двухъ теорій и уразумѣть тѣ фазисы развитія науки, которыя явятся плодомъ работъ ученыхъ въ ближайшемъ, а можетъ быть и въ болѣе отдаленномъ будущемъ.

Для того, чтобы теперь же понять, въ чемъ заключаются тѣ двѣ теоріи, вѣрнѣе тѣ два основныхъ взгляда, между которыми происходитъ борьба, и которые нынѣ какъ бы одновременно господствуютъ, хотя и въ различныхъ отдѣлахъ нашей науки, нѣтъ необходимости предварительно ознакомиться со всею совокупностью тѣхъ электрическихъ и магнитныхъ явленій, объясненіе которыхъ и есть задача упомянутыхъ теорій. Для этого достаточно тѣхъ свѣдѣній, которыя извѣстны изъ элементарнаго курса физики, а потому мы здѣсь ограничиваемся не-

многими словами, чтобы только напомнить о существованіи всѣмъ, конечно, извѣстныхъ явленій.

Во-первыхъ существуютъ явленія, которыя слѣдуетъ назвать *электростатическими*. При взаимномъ соприкосновеніи, при треніи, а также при нѣкоторыхъ другихъ манипуляціяхъ, тѣла пріобрѣтаютъ цѣлый рядъ свойствъ, которыми они ранѣе не обладали. Мы говоримъ въ этихъ случаяхъ, что тѣла наэлектризованы. Существуетъ два рода электризацій, которыя получили названія электризацій положительной и отрицательной. Одноименно наэлектризованныя тѣла взаимно отталкиваются, а разноименно—притягиваются. Тѣла, близкія къ тѣламъ наэлектризованнымъ, также электризуются; это явленіе индукціи, на которомъ основано устройство конденсатора. По отношенію къ передачѣ и распространенію электрическаго состоянія тѣла раздѣляются на проводники и непроводники или діэлектрики. Присутствіе послѣднихъ имѣетъ огромное вліяніе на величину тѣхъ силъ, которыя проявляются въ пространствѣ, окружающемъ наэлектризованныя тѣла. Исчезновеніе электрическаго состоянія сопровождается появленіемъ запасовъ энергіи тепловой, свѣтовой, звуковой и т. д., откуда слѣдуетъ, что при наличности наэлектризованнаго тѣла мы имѣемъ дѣло съ наличностью запаса какой-то особой формы энергіи.

Во-вторыхъ мы имѣемъ дѣло съ явленіями *магнитными*. Естественные (руда) и искусственные (стальные) магниты притягиваютъ нѣкоторыя вещества, отталкиваютъ другія; первыя называются парамагнитными (желѣзо, сталь, никкель и др.). На каждомъ магнитѣ мы имѣемъ два различныхъ намагничиванья: сѣверное и южное, и имѣемъ два полюса; одноименные полюсы отталкиваются, разноименные—притягиваются. Нѣкоторыя тѣла, помѣщенныя вблизи магнитовъ, сами дѣлаются магнитами, т. е. пріобрѣтаютъ два магнитныхъ полюса (магнитная индукція). При раздробленіи магнита всѣ его части оказываются совершенными магнитами, т. е. обладаютъ всѣми свойствами, которыя вообще присущи магнитамъ. Въ пространствѣ, окружающемъ магниты, происходятъ разнообразныя явленія, между которыми мы упомянемъ вращеніе плоскости поляризаціи свѣтовыхъ лучей. При помощи магнитовъ можно производить работу, т. е. вызывать запасы разнаго рода энергіи; отсюда слѣдуетъ, что при наличности магнитовъ мы также имѣемъ дѣло съ наличностью запаса какой-то особой формы энергіи.

Въ-третьихъ существуетъ необозримое множество разнообразныхъ явленій, такъ или иначе связанныхъ съ тѣмъ, что принято называть *электрическимъ токомъ*. Въ отношеніи къ этимъ явленіямъ мы должны всѣ проводники раздѣлить на два класса. Къ первому классу относятся металлы и другія вещества, „ведущія" себя въ соотвѣтствующихъ случаяхъ, какъ металлы; второй классъ составляютъ электролиты. Присутствіе послѣднихъ необходимо при нѣкоторыхъ способахъ возбужденія электрическаго тока (гидроэлектрическіе элементы); подъ вліяніемъ тока въ нихъ происходятъ химическія реакціи, результатъ которыхъ соотвѣтствуетъ разложенію нѣкоторыхъ составныхъ частей электролита. Пространство, окружающее тѣла, напр. проволоки, въ которыхъ происходитъ явленіе электрическаго тока, обладаютъ всѣми свойствами магнитнаго поля (дѣйствіе на подвижной магнитъ, намагничиванье желѣза и стали и т. д.); самыя же тѣла, напр. проволоки, помѣщенныя въ магнитное поле магнита или другого тока, подвергаются силамъ, стремящимся придать имъ движеніе въ ту или въ другую сторону. Явленіе электрическаго тока постоянно сопровождается появленіемъ запасовъ энергіи, главнымъ образомъ тепловой, но весьма часто и другихъ формъ, напр. энергіи химической, энергіи движенія и т. д. Отсюда слѣдуетъ, что и въ явленіи электрическаго тока мы имѣемъ дѣло съ наличностью запаса какой-то особой формы энергіи. Если проводникъ движется въ магнитномъ полѣ, или если поле, въ которомъ онъ находится, подвергается количественнымъ измѣненіямъ, т. е. если оно усиливается, или ослабѣваетъ, то проводникъ обнаруживаетъ явленіе электрическаго тока, называемаго въ этомъ случаѣ индуктированнымъ или индукціоннымъ.

Въ-четвертыхъ мы встрѣчаемся съ явленіями *электрическихъ лучей*, о которыхъ вкратцѣ было уже сказано во второмъ томѣ этого курса.

Ко всему фактическому матеріалу, заключающемуся въ только-что приведенномъ спискѣ, слѣдуетъ прибавить, какъ незыблемо установленное достояніе науки, рядъ абсолютно точныхъ законовъ, которыми управляются магнитныя и электрическія явленія. Главнѣйшіе изъ этихъ законовъ слѣдующіе:

1. Законъ взаимодѣйствія наэлектризованныхъ тѣлъ, т. е. законъ, которымъ опредѣляется направленіе и величина силы, дѣйствующей на наэлектризованное тѣло, находящееся вблизи

другихъ наэлектризованныхъ тѣлъ, а также распредѣленіе электрическаго состоянія на тѣлахъ.

2. Законъ взаимодѣйствія магнитовъ.

3. Законъ, опредѣляющій магнитное поле тока; этотъ законъ указываетъ какіе токи и магниты могутъ быть замѣнены другъ другомъ въ отношеніи всѣхъ явленій, обнаруживающихся въ окружающемъ пространствѣ. Какъ слѣдствія этого третьяго закона получаются законъ взаимодѣйствія тока и магнита и законъ взаимодѣйствія двухъ токовъ.

4. Законъ, по которому происходитъ появленіе индукціонныхъ токовъ.

5. Законы появленія тепла насчетъ двухъ упомянутыхъ выше видовъ электрической энергіи.

6. Основной законъ электролиза, т. е. химическихъ реакцій, происходящихъ подъ вліяніемъ электрическаго тока.

7. Законъ вращенія плоскости поляризаціи въ магнитномъ полѣ.

Къ этимъ законамъ слѣдуетъ прибавить еще два, которые были предсказаны одною изъ двухъ теорій, упомянутыхъ нами выше, и которые до такой степени оправдались на опытахъ, что отнынѣ уже всякая теорія должна считаться съ ними, т. е. сдѣлать понятнымъ ихъ необходимость. Эти два закона суть:

8. Законъ, выражающійся формулою $K = n^2$ и относящійся къ веществамъ немагнитнымъ; здѣсь K діэлектрическая постоянная и n показатель преломленія для лучей съ весьма большою длиною волны. Для веществъ магнитныхъ законъ выражается болѣе сложною формулою, которую мы здѣсь не приводимъ.

9. Законъ, который мы впослѣдствіи будемъ выражать формулою $E_m : E_s = v$; здѣсь E_m и E_s два опредѣленныхъ „количества электричества" и v — скорость свѣта. Считая преждевременнымъ распространяться объ этомъ законѣ, ограничиваемся этимъ простымъ на него указаніемъ.

Мы, конечно, не исчерпали всѣхъ законовъ, относящихся къ магнитнымъ и электрическимъ явленіямъ; но во всякомъ случаѣ мы привели главнѣйшіе изъ нихъ.

Теоріи, къ которымъ мы теперь вновь возвращаемся, должны прежде всего исходить изъ нѣкотораго опредѣленнаго представленія объ основной причинѣ магнитныхъ и электрическихъ явленій, о той реально существующей подкладкѣ, которая служитъ ихъ источникомъ. Пользуясь законами механики и термо-

динамики, теорія должна показать, что явленія и законы, перечень которыхъ приведенъ выше, вытекаютъ какъ необходимое, логическое слѣдствіе изъ той гипотезы, которая послужила ей исходною точкою. Если теорія въ состояніи выполнить эту задачу и если въ то же время гипотеза обладаетъ надлежащими свойствами, напр. если она не чрезмѣрно сложна, то теорія будетъ въ состояніи утвердиться въ наукѣ, а сама гипотеза пріобрѣтетъ значительную степень вѣроятности.

И вотъ мы заявляемъ, что въ настоящее время такой теоріи не существуетъ; что въ той третьей сторонѣ ученія объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ, которая имѣетъ задачею объяснить явленія, господствуетъ хаосъ, что ничего общаго между собою не имѣющія и даже совершенно исключающія другъ друга представленія или гипотезы нынѣ служатъ для объясненія явленій, очевиднѣйшимъ образомъ тѣсно между собою связанныхъ и несомнѣнно имѣющихъ одну и ту же общую основную причину. Выше было указано, что̀ именно заставляетъ насъ выступить съ самаго начала со столь откровеннымъ заявленіемъ. Добавимъ, что странности, отсутствіе выдержанности въ методахъ объясненія и даже противорѣчія, которыя читатель встрѣтитъ въ этомъ томѣ, онъ сумѣетъ правильно приписать современному переходному фазису исторіи разсматриваемаго отдѣла физики.

Предлагавшіяся въ различное время многочисленныя теоріи электрическихъ и магнитныхъ явленій могутъ быть раздѣлены на двѣ группы, соотвѣтственно нѣкоторымъ особенно характернымъ признакамъ, свойственнымъ тѣмъ гипотезамъ, которыя положены въ основаніе теорій. Оставляя детали въ сторонѣ, мы скажемъ, что каждая изъ двухъ теорій, которыя мы примемъ за представителей двухъ группъ, рисуетъ намъ нѣкоторую *картину*, которая должна дать намъ отчетливое представленіе объ истинной подкладкѣ, если можно такъ выразиться—о закулисной сторонѣ разсматриваемыхъ явленій. Получающіяся такимъ образомъ двѣ картины, мы будемъ называть „картина *A*" и „картина *B*". Укажемъ на главнѣйшія характерныя черты этихъ двухъ картинъ.

Картина A. Imponderabilia и actio in distans—вотъ чѣмъ главнымъ образомъ характеризуется картина *A*. Допускается существованіе особыхъ веществъ, иногда называемыхъ флюидами, агентами и даже жидкостями. Эти вещества невѣсомы (вѣрнѣе—

невѣсящія); число ихъ колеблется между четырьмя и однимъ. Приходилось принимать четыре такихъ вещества, когда допускалось существованіе независимыхъ другъ отъ друга двухъ „электричествъ" и двухъ „магнитизмовъ", какъ веществъ, фактически находящихся на поверхности или внутри наэлектризованныхъ тѣлъ и магнитовъ. Когда было открыто, что всякій магнитъ дѣйствуетъ совершенно такъ же, какъ нѣкоторая совокупность электрическихъ токовъ, то отказались отъ двухъ „магнитизмовъ", замѣнивъ ихъ крайне туманными „молекулярными токами", окружающими частицы магнитовъ. Такимъ образомъ возникли „*дуалистическія*" теоріи, допускающія существованіе только двухъ особыхъ веществъ, двухъ „электричествъ", положительнаго и отрицательнаго. *Унитарныя* теоріи, принимающія только одинъ агентъ, должны быть отнесены къ этой же категоріи даже въ томъ случаѣ, если онѣ, допуская тождество этого единственнаго агента со свѣтовымъ эѳиромъ, однако приписываютъ ему ту „actio in distans", которая, рядомъ со введеніемъ невѣсомыхъ, представляетъ вторую, и притомъ, пожалуй, наиболѣе характерную черту картины *A*. Предполагается, именно, что гипотетическіе агенты, напр. два электричества, непосредственно дѣйствуютъ *на разстояніи* другъ на друга, причемъ промежуточная среда или не играетъ никакой роли, или обнаруживаетъ лишь второстепенное, и какъ бы случайное вліяніе на тѣ или другія явленія; дѣйствія агентовъ другъ на друга могутъ быть и притягательныя и отталкивательныя. Въ явленіяхъ электрическихъ мы имѣемъ дѣло съ проявленіями агентовъ, находящихся въ покоѣ; явленіе, названное электрическимъ токомъ, по существу представляетъ дѣйствительное теченіе одного или двухъ агентовъ внутри или на поверхности проводника, обыкновенной проволоки.

На почвѣ указанныхъ двухъ для картины *A* наиболѣе характерныхъ представленій возникло обширное приложеніе къ магнитнымъ и электрическимъ явленіямъ ученія о потенціалѣ. Такое приложеніе оказалось возможнымъ, когда были найдены законы дѣйствія тѣхъ силъ, съ которыми мы встрѣчаемся при изученіи этихъ явленій. А такъ какъ эти силы фактически и несомнѣнно существуютъ, и *обширная область явленій происходитъ совершенно такъ, какъ будто основныя черты картины A соотвѣтствуютъ дѣйствительности*, то и оказывается, что приложеніе ученія о потенціалѣ не только ведетъ къ несомнѣнно

вѣрнымъ результатамъ, но что примѣнять это ученіе мы можемъ и въ томъ случаѣ, когда мы отказываемся отъ картины *А*. Потенціалъ точки выражаетъ опредѣленную работу несомнѣнно существующихъ силъ; эта работа совершается на счетъ опять-таки несомнѣнно существующихъ запасовъ нѣкоторыхъ особаго рода формъ энергій, и имѣетъ своимъ результатомъ совершенно уже очевидное появленіе формъ энергій, въ большинствѣ случаевъ давно намъ знакомыхъ. Вопросъ объ источникѣ, о механизмѣ возникновенія этихъ силъ, а также вопросъ о формѣ первоначальнаго запаса энергіи, при этомъ никакой роли не играютъ; ихъ рѣшеніе, дѣйствительно, всецѣло зависитъ отъ того, на какой „картинѣ" мы остановимся. Отказываясь отъ картины *А*, мы тѣмъ самымъ должны отказаться лишь отъ представленія о реальности того первоначальнаго фундамента, на которомъ мы основывали приложеніе ученія о потенціалѣ. Это приложеніе сохраняется, какъ *методъ* разсужденія, рѣшенія задачъ и т. д. Мы увидимъ, что оно приводитъ къ понятію о *„потенціалъ проводника"*, какъ о *степени* его электризаціи, и это понятіе можетъ быть сохранено, совершенно независимо отъ принятой нами „картины", а слѣд. и отъ того, что̀ мы, въ зависимости отъ этой картины, подразумѣваемъ подъ терминомъ „электризація" проводника.

Картина Б. Фарадей, Максвелль и Герцъ дали намъ эту картину, къ которой мы постоянно будемъ возвращаться ниже. Самымъ характернымъ ея признакомъ является не допущеніе actio in distans, отсутствіе особыхъ, кромѣ мірового эѳира, агентовъ, и перенесеніе центра тяжести явленій въ ту среду, которая окружаетъ наэлектризованныя или намагниченныя тѣла и которая играетъ въ разсматриваемыхъ явленіяхъ не случайную и второстепенную, но, напротивъ, самую главную роль.

Картина *Б* въ ея первоначальномъ, можно сказать—неиспорченномъ видѣ предполагаетъ, что сущность электрическихъ и магнитныхъ явленій заключается въ деформаціяхъ и пертурбаціяхъ, возникающихъ въ эѳирѣ. Въ этихъ послѣднихъ заключается источникъ тѣхъ силъ, дѣйствія которыхъ мы непосредственно наблюдаемъ, и ими опредѣляются тѣ формы энергіи, наличность которыхъ доказывается приложеніемъ принципа сохраненія энергіи къ упомянутымъ выше случаямъ возникновенія теплоты, химической и другихъ извѣстныхъ формъ энергіи.

Фарадей далъ эскизъ картины *Б*; Максвелль нарисовалъ ее

детально. Онъ облекъ основныя мысли Фарадея въ математическую форму и создалъ электромагнитную теорію свѣта, разсматривающую свѣтъ, какъ одинъ изъ частныхъ случаевъ тѣхъ самыхъ пертурбацій въ эѳирѣ, которыя въ другихъ случаяхъ воспринимаются нами въ формѣ того или другого магнитнаго или электрическаго явленія. Эта же теорія привела Максвелля къ двумъ законамъ. Несомнѣнная справедливость этихъ законовъ была выяснена многочисленными опытами; они не могли бы быть предсказаны теоріею, которая основывается на картинѣ *А*. Наконецъ электрическіе лучи Герца, оказались явленіемъ, вполнѣ согласнымъ съ теоріею Максвелля и съ тѣми основными представленіями, которыми характеризуется картина *Б*.

Стройность теоріи Максвелля, подтвержденіе законовъ, уничтоженіе невѣсомыхъ агентовъ, спеціально вызывающихъ явленія магнитныя и электрическія, устраненіе необходимости допускать actio in distans, и, какъ самое главное, открытіе электрическихъ лучей, казалось, должны были привести къ немедленному исчезновенію изъ нашей науки картины *А* и всего, что съ нею связано, и къ полному, во всѣхъ отдѣлахъ этой науки, торжеству тѣхъ представленій, на которыхъ основана картина *Б*. Казалось, что оставалось только дорисовывать эту картину, выработать всѣ ея детали, иначе говоря—воспользоваться ею во всѣхъ отдѣлахъ нашей науки, показать, что *во всѣхъ* группахъ сюда относящихся явленій новая теорія столь же согласна съ дѣйствительностью и приводитъ къ такимъ же блестящимъ результатамъ, какъ это было въ тѣхъ спеціальныхъ группахъ явленій, къ которымъ Максвелль и Герцъ прилагали новыя идеи. Около 1890 года можно было думать, что о количествахъ электричества, какъ о реально существующихъ веществахъ, уже не будетъ болѣе говориться въ серьезной наукѣ; можно было надѣяться, что чисто механическая сторона тѣхъ деформацій и пертурбацій въ эѳирѣ, въ которыхъ должна заключаться истинная, какъ мы выразились—закулисная сторона электрическихъ и магнитныхъ явленій, будетъ вскорѣ выяснена во всѣхъ подробностяхъ, и что эти деформаціи и пертурбаціи будутъ упоминаться во всѣхъ главахъ той части физики, которая посвящена упомянутымъ явленіямъ.

Но эти надежды до сихъ поръ не осуществились. Напротивъ, развитіе науки за послѣдніе годы все болѣе и болѣе удалило ее отъ того единообразія, отъ той ясности и простоты, отъ

которыхъ, казалось, она была уже недалека; картина *Б* какъ будто съ каждымъ днемъ все болѣе и болѣе портится, и въ то же время вновь выплываютъ нѣкоторыя характерныя черты картины *А*, отъ которыхъ, казалось, наука должна была освободиться навсегда.

Слѣдуетъ отличать три направленія, въ которыхъ постепенно развивающійся и расширяющійся научный матеріалъ уклонялся отъ пути, который могъ бы привести къ торжеству картины *Б*, простой и ясной, во всѣхъ отдѣлахъ ученія объ электричествѣ и о магнитизмѣ.

Во-первыхъ въ этомъ ученіи оказались нѣкоторые отдѣлы, которые достигли высокой степени развитія, именно въ направленіи теоретическомъ, причемъ однако въ соотвѣтствующихъ выводахъ и разсужденіяхъ ни одна черта, ни одна мысль не напоминаетъ картины *Б*. Сюда въ особенности относится ученіе объ электролизѣ, т. е. о такъ называемыхъ химическихъ дѣйствіяхъ тока. Разбирая явленія электролиза, ученые какъ бы временно забывали о картинѣ *Б*, забывали о работахъ Максвелля и Герца, о несуществованіи „электричества", какъ вещества, и даже—такъ иногда могло казаться—о несообразности actionis in distans. Въ теоріи іоновъ предполагается, что растворенныя вещества всегда отчасти диссоціированы, т. е. разложены на составныя части (напр. NaCl на Na и Cl), которыя и суть іоны. Каждый іонъ какъ бы связанъ съ опредѣленнымъ „количествомъ электричества", вслѣдствіе чего онъ въ растворѣ и движется по направленію къ неодноименно съ нимъ наэлектризованному электроду. Ученіе о іонахъ представляетъ нынѣ стройную, детально разработанную, весьма интересную часть нашей науки. Между тѣмъ въ ней нельзя открыть даже и слѣдовъ картины *Б*; пищущій по электролизу какъ будто забываетъ объ этой картинѣ, и до сихъ поръ еще не было сдѣлано почти ни одной серьезной попытки ввести картину *Б* въ ученіе объ электролизѣ, перевести—если можно такъ выразиться—объясненія и разсужденія съ одного языка на другой, показать, что „количество электричества", о которыхъ здѣсь говорится, слѣдуетъ понимать въ смыслѣ картины *Б*, т. е. какъ деформаціи эѳира, опирающіяся на іоны. Но можно, пожалуй, допустить, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ вопросомъ времени; что, развивая ученіе о іонахъ въ томъ направленіи, которое казалось столь плодотворнымъ и въ дальнѣйшемъ многообѣщающимъ, ученые еще не успѣли заняться

водвореніемъ въ этой части науки картины *Б* на мѣсто картины *А*, и что этотъ пробѣлъ со временемъ будетъ заполненъ.

Во-вторыхъ слѣдуетъ признать, что до сихъ поръ не удалось найти яснаго механическаго представленія о характерѣ хотя бы лишь тѣхъ деформацій (а можетъ быть и пертурбацій), которыя соотвѣтствуютъ явленіямъ электростатическимъ и магнитнымъ. Появились разнообразныя попытки выясненія сущности того, что́ происходитъ въ эөирѣ,—попытки, основанныя на допущеніи, что этотъ эөиръ обладаетъ тѣми или другими особыми свойствами, и на догадкахъ объ особенностяхъ его внутренняго строенія. Эти допущенія и догадки представлялись нерѣдко весьма странными, чтобы не сказать—дикими. Достаточно указать хотя бы на допущенія нѣкотораго рода двойственности эөира, якобы состоящаго изъ двухъ веществъ, изъ которыхъ одно какъ бы пропитано другимъ, подобно тому, какъ напр. губка пропитывается жидкостью. Такая или одна изъ многихъ подобныхъ ей попытокъ чрезвычайно усложняетъ основныя гипотезы, простота которыхъ, есть одинъ изъ признаковъ ихъ правдоподобія; она лишаетъ картину *Б* главнѣйшихъ ея преимуществъ передъ картиною *А*, вводя въ нее тотъ метафизическій элементъ, допущеніемъ котораго картина *А* наиболѣе грѣшила противъ требованій, которыя можно поставить современной наукѣ.

Въ-третьихъ стали появляться, и притомъ не въ маломъ числѣ, работы, которыя представляли уже болѣе или менѣе явное и откровенное возвращеніе къ картинѣ *А*, къ представленію объ особыхъ *веществахъ*, называемыхъ электричествами и въ дѣйствительности реально существующихъ, а не вводимыхъ только, какъ удобныя во многихъ случаяхъ фикціи, дающія возможность упростить описаніе явленій и разнаго рода выводы и разсужденія. Появился терминъ „*электронъ*", обозначающій нѣкоторое опредѣленное количество электричества, связанное съ атомомъ или даже съ еще меньшимъ количествомъ матеріи, и изъ соотвѣтствующихъ работъ не видно, чтобы существовала возможность понимать электронъ не въ прямомъ смыслѣ количества особаго вещества. Существуютъ даже такія работы, въ которыхъ говорится о свободно движущемся электронѣ, не связанномъ съ матеріею.

Нельзя не надѣяться, что существованіе рядомъ обѣихъ, исключающихъ другъ друга картинъ *А* и *Б*, придающее совре-

менной теоріи электрическихъ и магнитныхъ явленій довольно хаотическій видъ, прекратится въ недалекомъ будущемъ, что будетъ создана однообразная теорія, одинаково приложимая ко всѣмъ отдѣламъ нашего ученія, и что тѣмъ самымъ кончится странное, очевидно переходное положеніе вещей. Эта будущая теорія должна обнять и тѣ новыя явленія, которыя были открыты сравнительно недавно: лучи Рёнтгена, Беккереля, г-жи Кюри и др., дѣйствіе этихъ лучей, а также лучей ультрафіолетовыхъ на тѣла наэлектризованныя и т. д.

Обозрѣвая то, что сказано на послѣднихъ страницахъ, мы можемъ современное переходное положеніе науки о явленіяхъ электрическихъ и магнитныхъ характеризовать словами: *старое зданіе* (картина *A*), въ которомъ жилось долгое время такъ спокойно, и которое казалось такимъ удобнымъ и уютнымъ, *разрушено; новое же зданіе еще не построено*: оно только возводится вчернѣ и перебраться въ него пока еще невозможно. Мы переживаемъ несомнѣнно очень интересную эпоху въ исторіи физики; но представить какъ разъ въ это время правдивую картину науки довольно трудно.

Мы старались указать на ту сторону ученія объ электричествѣ и магнитизмѣ, которая представляется неустановившеюся, а потому неудовлетворительною въ научномъ отношеніи. Послѣ этого весьма интересно и даже важно разсмотрѣть такъ сказать противоположную сторону, т. е. отвѣтить на вопросъ: что же въ этомъ ученіи можно считать незыблемо установленнымъ, какія его части уже не могутъ въ будущемъ подвергаться коренному преобразованію? Отвѣтъ на этотъ вопросъ таковъ: независимо отъ теоретическихъ воззрѣній, отъ того, какія гипотезы служатъ фундаментомъ теоріи, *мы имѣемъ въ ученіи объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ слѣдующій незыблемо установленный матеріалъ:*

1. *Явленія и факты* въ томъ видѣ, въ которомъ они воспринимаются нашими органами чувствъ.

2. *Рядъ законовъ*, которыми эти явленія управляются, и которые связываютъ величины, истинное физическое значеніе которыхъ, однако, слѣдуетъ считать пока еще совершенно не выясненнымъ.

3. *Теоретическіе выводы, основанные на этихъ законахъ;* сюда относится:

а) все, что основано на примѣненіи теоріи *потенціала*; такъ

напр. ученіе о распредѣленіи электричества на поверхности проводниковъ, способы вычисленія этого распредѣленія и полученные результаты остаются вѣрными, независимо отъ того, что̀ подразумѣвать подъ словами „распредѣленіе электричества на поверхности": количество (густоту) особаго вещества въ различныхъ мѣстахъ поверхности, или интенсивность тѣхъ линій натяженій въ эѳирѣ, которыя оканчиваются на этихъ мѣстахъ, или еще что-либо другое.

б) Опредѣленіе чисто механическихъ условій равновѣсія или движенія магнитовъ и токовъ, находящихся подъ вліяніемъ магнитовъ или токовъ.

в) Вычисленіе различныхъ величинъ, характеризующихъ тѣ электрическіе токи, которые при опредѣленныхъ заданныхъ условіяхъ должны возникнуть. Взглядъ на физическое значеніе этихъ величинъ можетъ измѣниться, но способы ихъ вычисленія извѣстны и навсегда составятъ достояніе науки.

4. Теоретическіе выводы, основанные на примѣненіи *двухъ началъ термодинамики* къ тѣмъ изъ сюда относящихся явленій, въ которыхъ мы замѣчаемъ исчезновеніе или возникновеніе какихъ либо запасовъ энергіи. Мы знаемъ, что наэлектризованное тѣло можетъ сдѣлаться источникомъ теплоты, что электрическій токъ всегда является таковымъ источникомъ, что при помощи магнитовъ, или токовъ, или ихъ комбинацій можно производить работу, что разсматриваемыя явленія нерѣдко сопровождаются возникновеніемъ или исчезновеніемъ запасовъ химической энергіи и т. д. Полученные выводы останутся всегда вѣрными, хотя взглядъ на физическое значеніе величинъ, входящихъ въ соотвѣтствующія формулы, и можетъ измѣниться съ теченіемъ времени.

5. Незыблемо установлено, что *среда* играетъ существеннѣйшую роль въ явленіяхъ электрическихъ и магнитныхъ. *Actio in distans особенныхъ агентовъ слѣдуетъ считать похороненною навсегда.* Какой бы видъ съ теченіемъ времени ни приняла *теорія*, въ ней уже не можетъ быть рѣчи объ „электричествѣ", находящемся на опредѣленномъ мѣстѣ и дѣйствующемъ *непосредственно* на другое электричество, расположенное въ другомъ мѣстѣ. Въ этомъ отрицаніи кроется одно изъ важнѣйшихъ положительныхъ пріобрѣтеній нашей науки. Свойства той среды, въ которой обнаруживаются явленія, должны стоять на первомъ планѣ, ибо эти явленія несомнѣнно доказываютъ, что въ средѣ что-то происходитъ.

Изложеніе ученія о явленіяхъ электрическихъ и магнитныхъ должно прежде всего имѣть въ виду только-что перечисленные пять пунктовъ. То, что въ данный моментъ можно считать твердо установленнымъ, должно при этомъ служить фундаментомъ, и имъ должно опредѣляться общее распредѣленіе всего научнаго матеріала.

Къ обстоятельствамъ, незыблемо установленнымъ, принадлежитъ нынѣ роль среды въ разбираемыхъ явленіяхъ. Реально существуетъ—въ этомъ, какъ было сказано, не можетъ быть никакого сомнѣнія—измѣненіе въ средѣ, а потому *среду и то, что въ ней наблюдается и происходитъ, мы ставимъ на первый планъ*, стараясь при этомъ строго отдѣлить то, что фактически наблюдается, отъ того, что имѣетъ характеръ гипотетическій. Посему мы разсмотримъ прежде всего *свойства среды*, или, какъ принято говорить, *поля*, а затѣмъ уже тѣ условія, при которыхъ поле возникаетъ. Далѣе мы отдѣльно разсмотримъ вліяніе поля на помѣщенную въ немъ матерію. Нѣтъ сомнѣнія, что такое *вліяніе* также принадлежитъ къ *свойствамъ* поля; но по многимъ причинамъ намъ кажется болѣе удобнымъ выдѣлить относящіяся сюда явленія въ особую главу. Затѣмъ мы разсмотримъ способы измѣренія тѣхъ величинъ, съ которыми мы встрѣчаемся при изученіи поля, и, наконецъ, поле земного шара.

Слѣдуетъ отличать *два поля, электрическое* (точнѣе электростатическое) и *магнитное*, обладающія свойствомъ *постоянства*, характеризуемаго тѣмъ, что величины, съ которыми мы встрѣчаемся при ихъ изученіи, вовсе не зависятъ отъ времени, или зависятъ отъ него такъ, что въ теченіе неопредѣленно длиннаго ряда послѣдовательныхъ и одинаковыхъ промежутковъ времени онѣ возрастаютъ равномѣрно (напр.: количество теплоты, количество іоновъ, выдѣляемыхъ токомъ, пропорціональны времени).

Кромѣ двухъ постоянныхъ полей, мы имѣемъ далѣе *перемѣнное магнитное поле*, которое весьма удобно было бы назвать электромагнитнымъ полемъ. Къ сожалѣнію однако термины „электромагнитъ" и „электромагнитизмъ" уже имѣютъ нѣкоторое установившееся значеніе, отъ котораго было бы трудно отвыкнуть.

Въ совершенно отдѣльную, четвертую часть мы выдѣляемъ разсмотрѣніе тѣхъ явленій, которыя обнаруживаются при прохожденіи разряда чрезъ газы. Въ настоящее время невозможно найти явленія и логическія основы, которыя заставили бы присоединить эту часть къ одной изъ трехъ предыдущихъ.

Такимъ образомъ мы получаемъ нижеслѣдующее раздѣленіе всего матеріала:

Часть I. Электрическое поле.
Свойства поля.
Источники поля.
Вліяніе поля на матерію.
Измѣренія.
Земное электричество.

Часть II. Магнитное поле.
Свойства поля.
Источники поля.
Вліяніе поля на матерію.
Измѣренія.
Земной магнитизмъ.

Часть III. Перемѣнное магнитное поле.

Часть IV. Прохожденіе разряда чрезъ газы.

Нѣтъ сомнѣнія, что такой планъ еще очень далекъ отъ плана идеальнаго, отъ того распредѣленія, которое будетъ соотвѣтствовать установившимся взглядамъ на электрическія и магнитныя явленія, когда одна опредѣленная, детально разработанная теорія будетъ одинаково обнимать всѣ части нашего ученія. Внимательный читатель несомнѣнно натолкнется на мѣста, въ которыхъ онъ замѣтитъ, что идея, лежащая въ основаніи нашего плана, не вездѣ проведена со строго научною послѣдовательностью. Но мнѣ представляется сомнительнымъ, чтобы въ настоящее время было возможно построить ученіе объ электричествѣ и магнитизмѣ на строго однородномъ фундаментѣ, и что приходится ограничиться возможнымъ въ этомъ направленіи приближеніемъ, стараясь, не отставая отъ хода развитія науки, дать по возможности точное изображеніе той ея исторической фазы, которая соотвѣтствуетъ данному моменту.

Въ заключеніе необходимо сказать нѣсколько словъ о той *терминологіи*, которою нынѣ пользуются, и которой мы должны держаться „volens-nolens", хотя мы ее считаемъ не только устарѣлою, но и вредною. Она вся построена на представленіяхъ, лежащихъ въ основѣ картины *A*, и большею частью отличается рѣзкою опредѣленностью, ясно и отчетливо выражая именно тѣ факты или тѣ событія, которые на основаніи картины *A* должны составлять реальную подкладку наблюдаемыхъ явленій. Пользуясь этою терминологіею, мы невольно и непрерывно видимъ передъ собою картину *A*, и въ этомъ заключается какъ бы постоянная тренировка мысли въ одномъ направленіи, которое мы, однако, сами считаемъ ложнымъ. Этимъ самымъ мы мѣшаемъ самимъ себѣ отвыкнуть отъ картины *A* и привыкнуть къ тѣмъ

образамъ и представленіямъ, которые связаны съ картиною *Б*. Въ этомъ и заключается источникъ того несомнѣннаго вреда, который приноситъ сохраненіе старой терминологіи. Совершенно новыя представленія требуютъ и новой терминологіи, созданіе которой, однако, тогда только сдѣлается возможнымъ, когда эти новыя представленія выльются въ однородную, ясную форму, одинаково обнимающую всѣ части науки о явленіяхъ магнитныхъ и электрическихъ. При настоящемъ положеніи дѣла, характеризованномъ выше, всякая попытка создать новую терминологію должна быть признана преждевременною.

Мыза Олино. 1900.

Беспроволочный телеграфъ

А. Слаби [1].

Перспектива непосредственныхъ сношеній на большомъ разстояніи заключаетъ въ себѣ столько заманчиваго, что побѣдить пространство въ этомъ отношеніи было всегда завѣтною мечтою человѣка. По народнымъ вѣрованіямъ нѣкоторыя исключительныя натуры могутъ узнавать то, что происходитъ очень далеко отъ нихъ. Но наука не знаетъ исключеній и всѣхъ уравниваетъ.

Первые опыты Маркони представлялись очень загадочными, хотя телеграфированіе безъ проволокъ и не было въ сущности новостью; Тесла, Эдиссонъ и Присъ уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ изобрѣли соотвѣтствующіе приборы. И дальнодѣйствующая сила электрической искры, которою пользовался Маркони, не представляетъ ничего новаго: уже болѣе ста лѣтъ тому назадъ эта сила навязывалась на изученіе; только тогда на нее не обратили вниманія, не придали ей надлежащаго значенія. Существуетъ разсказъ, что первымъ наблюденіемъ этой силы мы обязаны женщинѣ. Жена знаменитаго Гальвани помогала своему

---

[1] *A. Slaby*, Die neuste Fortschritte auf d. Gebiete d. Funkentelegraphie (ZS d. Vereines deutsch. Ingenieure Bd. 45). Переводъ Н. О.

мужу препарировать нервы лягушечьей лапки; въ это время, въ нѣкоторомъ разстояніи самъ Гальвани извлекалъ искры изъ электрической машины; при этомъ г-жа Гальвани замѣтила, что лапка вздрагиваетъ каждый разъ, когда въ отдаленіи перескакивала искра, а она сама ножомъ касалась нерва. Такимъ образомъ между Гальвани, извлекавшимъ искру, и его женою устанавливалась какая-то электрическая связь, которая переносила дѣйствіе искры чрезъ разстояніе—своего рода безпроволочное телеграфированіе.

Это наблюденіе не имѣло послѣдствій: упрямство ученыхъ во что бы то ни стало сводило это явленіе къ дѣйствію таинственной животной силы. Возникъ ученый споръ, перешедшій скоро въ иную область, именно въ область электричества контакта. Знаменитый Вольта закончилъ споръ, сдѣлавъ величайшее въ естествознаніи открытіе электрическаго тока. Сто лѣтъ спустя, наука возвращается къ этимъ первымъ опытамъ; нѣмецкій изслѣдователь Герцъ объясняетъ ихъ дѣйствіемъ электрическихъ волнъ, а Маркони, соотечественникъ Гальвани, послѣ нѣсколькихъ лѣтъ неутомимаго труда, выводитъ изъ нихъ практическія заключенія и посылаетъ по воздуху телеграммы за сотни километровъ [1]).

Сенсацію, которую вызвали эти опыты, можно оцѣнить цифрами по паденію акцій англійскихъ телеграфныхъ обществъ. Это лишній разъ показываетъ, какъ быстро люди свыкаются съ неизвѣстными до тѣхъ поръ силами природы. Что нѣсколько лѣтъ тому назадъ казалось чудомъ, теперь представляется совершенно простымъ и обыденнымъ. Я намѣренно говорю „свыкаются", ибо о дѣйствительномъ пониманіи и рѣчи нѣтъ, даже во всей области электричества, и чѣмъ скорѣе новыя явленія входятъ въ кругъ нашихъ обычныхъ представленій, тѣмъ легче идетъ то ассимилированіе новыхъ понятій со старыми, которое мы называемъ „пониманіемъ". Тѣ люди, взглядъ на природу которыхъ создавался на школьной скамьѣ лѣтъ 30 тому назадъ, при знакомствѣ съ безпроволочнымъ телеграфомъ должны были преодолѣть еще бóльшія трудности. Имъ пришлось сперва разобраться въ новомъ для нихъ мірѣ электрическихъ волнъ. Ибо сначала казалось невозможнымъ объяснить индуцирующее дѣйствіе электрической искры иначе, какъ при помощи электрическихъ

[1]) Нашъ соотечественникъ, А. Н. Поповъ, изобрѣлъ безпроволочный телеграфъ раньше италіанскаго ученаго. *Прим. ред.*

волнъ, введенныхъ въ науку Максвеллемъ и составляющихъ, подобно многимъ основнымъ положеніямъ физики, только гипотезу. Теперь, когда законы безпроволочнаго телеграфа лучше извѣстны, мы можемъ его объяснить при помощи старыхъ представленій. Это хорошо извѣстныя явленія индукціи, которыя можно примѣнить и здѣсь. Если мы параллельно проводнику съ токомъ помѣстимъ другой проводникъ (безъ тока), то при извѣстныхъ условіяхъ въ послѣднемъ можно вызвать токъ. Для этого достаточно только измѣнять токъ въ первомъ проводникѣ, который будемъ называть „первичнымъ", и тогда во второмъ проводникѣ, называемомъ „вторичнымъ", будетъ возникать мгновенный токъ. При этомъ всякое увеличеніе тока въ первичномъ проводникѣ вызоветъ во вторичномъ токъ, направленный въ сторону противоположную первичному; уменьшеніе тока въ первичномъ проводникѣ вызоветъ во вторичномъ токъ, направленный въ одну съ нимъ сторону. Такъ какъ оба проводника нигдѣ металлически не соединяются, то ясно, что первичный токъ оказываетъ вліяніе на вторичный чрезъ воздухъ. Особенно интересенъ случай, когда первичный токъ періодически измѣняетъ свою величину или періодически прерывается; тогда по вторичному проводнику проходитъ продолжительный перемѣнный токъ, повторяемость котораго совпадаетъ съ повторяемостью первичнаго тока. Мы видимъ, что изъ первичнаго проводника исходитъ дѣйствіе и вторичный проводникъ, обнаруживая намъ то, что происходитъ въ первичномъ проводникѣ, замѣняетъ недостающій намъ органъ электрическаго чувства.

Постоянный электрическій токъ не обладаетъ этимъ замѣчательнымъ свойствомъ. Постоянный токъ, проносящій даже тысячи лошадиныхъ силъ, можетъ проходить по проволокѣ, и не по какимъ внѣшнимъ признакамъ нельзя догадаться о той геркулесовской работѣ, которую онъ способенъ совершить. То же самое будетъ съ водою, текущею въ водопроводной трубѣ: снаружи невозможно догадаться о томъ, что происходитъ внутри трубы, хотя бы давленіемъ воды мы передавали громадную механическую энергію. Но какъ измѣнится картина, если мы внезапно задержимъ теченіе воды, закрывъ напр. клапанъ! Отъ сильнаго толчка труба задрожитъ, нерѣдко такъ сильно, что стѣнки ея разрываются. Теперь представимъ себѣ, что вода много разъ въ секунду измѣняетъ даже направленіе своего движенія; тогда сотрясенія трубы, правильно повторяемыя, будутъ передаваться

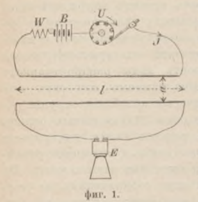
окружающему воздуху и посылать въ наше ухо звуковыя волны опредѣленной высоты; сотрясенія барабанной перепонки даютъ намъ теперь знать о томъ, что происходитъ внутри водопроводной трубы. Подобнымъ же образомъ мы можемъ представить себѣ и передачу электрическихъ сотрясеній. Только воздухъ тутъ не причемъ, ибо передача происходитъ такъ же хорошо и въ безвоздушномъ пространствѣ. Современное „механическое" міровоззрѣніе заклятый врагъ всякихъ допущеній передачи силы безъ посредства матеріальныхъ тѣлъ; поэтому-то была изобрѣтена матеріальная среда—*эѳиръ*, которая хотя и недоступна нашимъ чувствамъ, но передаетъ электрическіе толчки такъ же, какъ свободная поверхность воды распространяетъ вызванныя въ ней волны брошеннымъ камнемъ или какъ воздухъ передаетъ нашему уху ритмическія колебанія струны.

Въ этомъ объясненіи мы не должны видѣть ничего больше какъ средство представить тайны природы болѣе доступными для ограниченнаго человѣческаго пониманія и облегчить размѣщеніе ихъ по разнымъ полочкамъ и ящичкамъ нашего мозга. Въ этомъ случаѣ мы уподобляемся дѣтямъ, собирающимъ на морскомъ берегу пестрыя раковины и размѣщающимъ ихъ по величинѣ и цвѣту. Всемогущій снабдилъ насъ великимъ даромъ—способностью познавать законы, которыми управляется природа, и пользоваться ими для своего блага. Въ этой дѣятельности сходятся вмѣстѣ и ученый и техникъ.

Обратимся теперь къ разсмотрѣнію новыхъ явленій, которыя были открыты въ концѣ истекшаго столѣтія. Открытіемъ законовъ электрической индукціи мы обязаны величайшему экспериментатору прошлаго вѣка—М. Фарадею. Онъ и его послѣдователи показали намъ, что электрическій токъ вызываетъ силы въ проволокѣ, совершенно отъ него отдѣленной, и что эти силы будутъ наибольшими тогда, когда проволоки расположены параллельно, когда онѣ достаточно длинны и когда какъ средняя величина первичнаго тока, такъ и скорость его измѣненія значительны. Эти силы прямо-пропорціональны длинѣ проволоки, средней величинѣ первичнаго тока и числу колебаній тока въ единицу времени; при равенствѣ прочихъ условій, дѣйствіе тока измѣняется обратно-пропорціонально разстоянію (а не квадрату разстоянія). Если мы чрезъ l обозначимъ длины параллельныхъ проводниковъ, a разстояніе между ними, J среднюю величину первичнаго тока и T періодъ его колебаній (такъ что $1/T$

будетъ обозначать повторяемость тока или число его колебаній въ сек.), то во вторичной проволокѣ наводится токъ пропорціональный Jl^2/aT.

Простой опытъ покажетъ намъ справедливость этого закона. По длинѣ залы протянуты одна надъ другою двѣ проволоки. Верхняя замкнутая проволока образуетъ цѣпь съ батареею *B* (фиг. 1), реостатомъ *W* и прерывателемъ *U*; въ этой цѣпи проходитъ перемѣнный токъ *J*. Вторая проволока тоже замкнута и содержитъ телефонъ *E*, который обнаруживаетъ индуцируемый въ ней токъ; эта проволока совершенно изолирована отъ первой. Я пускаю въ ходъ прерыватель и вы слышите довольно ясное гудѣніе въ телефонѣ; болѣе частое прерываніе дастъ болѣе сильный и болѣе высокій звукъ; при увеличеніи разстоянія между проволоками, звукъ ослабляется; я укорачиваю параллельно протянутыя проволоки и звукъ дѣлается болѣе низкимъ и слабымъ; увеличеніе тока чрезъ удаленіе сопротивленія *W* сопровождается усиленіемъ тока.



Фиг. 1.

Вотъ тѣ простые законы, которымъ подчиняется и современный безпроволочный телеграфъ. Естественно возникаетъ недоумѣнія: почему же еще при Фарадеѣ не воспользовались этими открытіями для передачи электрическихъ импульсовъ на большое разстояніе? Объясненіе очень просто. Конечно давно было извѣстно, что удлиненіе параллельныхъ проволокъ увеличиваетъ разстояніе, на которое распространяется индукція; но сначала это обстоятельство считалось лишь вреднымъ при устройствѣ новыхъ телефонныхъ линій, когда онѣ проводились параллельно съ ранѣе существовавшими телеграфными линіями. Тщательныя изслѣдованія въ этомъ направленіи произвелъ сэръ Присъ. Между Дургэмомъ и Дэрлингтономъ на протяженіи 26 km. расположены двѣ телеграфныя линіи, въ разстояніи 16 km. одна отъ другой; Присъ убѣдился, что при помощи телефона, введеннаго въ одну изъ этихъ линій, можно слышать морзевскую телеграмму, которую передавали по другой линіи. Основываясь на этомъ, Присъ изобрѣлъ способъ безпроволочнаго телеграфированія и на

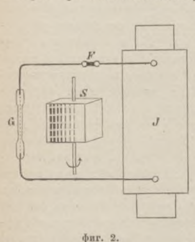
нѣкоторыхъ островахъ, вблизи материка, пользуясь параллельно расположенными проводниками, устроилъ рядъ телеграфныхъ станцій, которыя отчасти дѣйствуютъ и до сихъ поръ. Необходимость проводить при этомъ проволоки въ нѣсколько километровъ длиною и возможность передавать телеграммы только на незначительное разстояніе сильно ограничивали примѣненіе новаго изобрѣтенія. Нельзя было имъ воспользоваться и для телеграфированія отъ одного судна къ другому или съ судна на берегъ.

Помимо тока, который и по сіе время можно измѣнять лишь въ незначительныхъ предѣлахъ, въ нашемъ распоряженіи слѣдовательно остается только одинъ факторъ, отъ котораго можно ожидать хорошихъ результатовъ: это повторяемость колебаній тока, $1/T$. А что въ этомъ отношеніи успѣхъ можетъ превзойти самыя смѣлыя ожиданія, показали блестящія открытія послѣдняго десятилѣтія, связанныя со славнымъ именемъ Герца. Чтобы достаточно оцѣнить успѣхъ, сдѣланный въ этомъ направленіи, стоитъ только вспомнить, что повторяемость тока, которая получалась прежними чисто механическими способами, не превышала нѣсколькихъ сотенъ, тогда какъ при новѣйшихъ средствахъ число это измѣряется милліонами. Слѣдовательно, мы въ состояніи передавать электрическіе импульсы въ десятки тысячъ разъ дальше, чѣмъ прежде. Какими же удивительными приспособленіями должна быть снабжена машина, въ такой степени увеличивающая повторяемость тока, что одно ихъ исчисленіе превосходитъ наши умственныя способности!

Будучи старикомъ, Фарадей на вопросъ „въ чемъ заключается сущность электричества" отвѣчалъ: „сорокъ лѣтъ тому назадъ я думалъ, что въ состояніи отвѣтить на такой вопросъ; теперь же я не могу этого сдѣлать". Что бы онъ сказалъ, если бы ему былъ извѣстенъ полный кругъ дѣйствія этой удивительной машины, которая вышла непосредственно изъ мастерской природы и которая, еще при самомъ нарожденіи науки объ электричествѣ, приводила къ столь удивительнымъ результатамъ? *Электрическая искра* заключаетъ въ себѣ этотъ дивный механизмъ, поразительныя свойства котораго впервые обнаружились въ таинственномъ опытѣ Гальвани.

По обычному опредѣленію, электрическая искра есть мгновенный разрядъ двухъ противоположныхъ электричествъ. Хотя этотъ разрядъ и происходитъ въ формѣ тока, однако на него нельзя смотрѣть, какъ на простой однократный обмѣнъ электри-

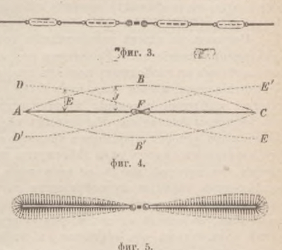
чествами; здѣсь происходитъ колебательный разрядъ. Если мы сравнимъ движущуюся при разрядѣ электрическую массу съ безчисленнымъ множествомъ упругихъ шаровъ, которые громадное число разъ въ секунду перебрасываются отъ одного проводника къ другому, отскакиваютъ назадъ, затѣмъ снова отбрасываются къ первому и т. д., то будемъ имѣть приблизительное понятіе о томъ, что происходитъ при колебательномъ разрядѣ. Страшную скорость, съ которою происходятъ эти колебанія разряда, трудно себѣ даже представить; скорость пушечнаго ядра ничто въ сравненіи съ скоростью электрическихъ частицъ, которыя въ теченіе секунды успѣваютъ милліоны разъ проходить искру взадъ и впередъ. Тѣмъ не менѣе, принявъ нѣкоторыя мѣры и уменьшивъ такимъ образомъ скорость нашихъ шариковъ, можно разложить ихъ игру на отдѣльныя фазы. Перемѣнный токъ отъ искры *F* (фиг. 2) пропустимъ чрезъ разрядную трубку *G*, которая при этомъ свѣтится, и станемъ ее разсматривать во вращающемся зеркалѣ *S*. Сначала мы видимъ только широкую свѣтлую ленту; но при болѣе внимательномъ наблюденіи можно замѣтить, что лента разлагается на рядъ параллельныхъ полосокъ убывающей ширины и яркости. Легко понять, что это отпечатокъ ряда колеблющихся разрядовъ, вызванныхъ появленіемъ искры. Тутъ происходитъ явленіе, подобное колебанію струны; послѣ удаленія причины, вызвавшей натяженіе струны, проходитъ нѣкоторое время, пока не прекратятся ея колебанія. Совершенно то же происходитъ и при разрядѣ, когда различно наэлектризованные концы цѣпи соединяются искрою.



фиг. 2.

Колебательный токъ, образуемый искрою, обладаетъ еще однимъ замѣчательнымъ свойствомъ, которое тридцать лѣтъ тому назадъ показалось бы противорѣчащимъ всему ученію объ электричествѣ; тогда насъ учили, что электрическій токъ можетъ существовать только въ *замкнутомъ* проводникѣ; для постояннаго тока это положеніе остается вѣрнымъ и до сихъ поръ; но колеблющіеся токи совершенно свободны отъ этого ограниченія;

они могутъ образоваться и въ *незамкнутой* цѣпи. Никакое философствованіе не открыло бы намъ возможности такихъ токовъ; но простой опытъ обнаруживаетъ ихъ. При помощи индуктора Румкорфа я вызываю рядъ искръ между двумя маленькими металлическими шариками; къ этимъ шарикамъ справа и слѣва присоединены двѣ вытянутыя въ одну прямую проволоки (фиг. 3); другіе концы проволокъ прикрѣпляются къ стѣнамъ залы, отъ которыхъ онѣ тщательно изолированы; въ каждую изъ проволокъ введено по парѣ калильныхъ лампочекъ съ прямыми угольками; свѣченіе этихъ лампочекъ неоспоримо доказываетъ намъ, что чрезъ нихъ проходятъ токи; отъ разряжающихся шариковъ токи устремляются къ свободнымъ концамъ незамкнутой цѣпи, отражаются отъ нихъ, идутъ назадъ и т. д.; такія движенія повторяются милліоны разъ въ секунду.



Фиг. 3.

фиг. 4.

фиг. 5.

Вы замѣтили, что ближайшія къ искрѣ лампочки свѣтятъ ярче, чѣмъ дальнія. Если бы въ различныхъ мѣстахъ проволоки мы поставили измѣрительные приборы, то могли бы даже опредѣлить величину тока; при этомъ мы открыли бы странное обстоятельство: въ различныхъ мѣстахъ проволоки токъ имѣетъ различную величину; здѣсь, на серединѣ залы, стрѣлка амперметра отклоняется больше, чѣмъ вблизи свободныхъ концовъ проволокъ. Если въ различныхъ точкахъ проволоки станемъ проводить вверхъ и внизъ перпендикуляры и на нихъ откладывать длины, пропорціональныя величинамъ тока въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ, и затѣмъ соединимъ ихъ концы непрерывною линіею, то получимъ кривую *ABC* (фиг. 4), называемую синусоидою. На концахъ проволокъ, гдѣ токъ отражается, онъ исчезаетъ; на мѣстѣ появленія искры, гдѣ раскаленные газы и металлическіе пары

служатъ проводникомъ между двумя проволоками, токъ достигаетъ наибольшей величины.

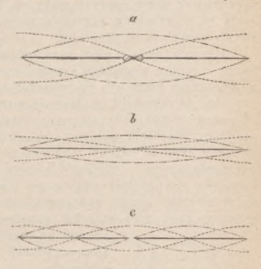
Есть еще одна особенность разсматриваемаго нами явленія. Всякая точка проволоки обладаетъ электрическимъ потенціаломъ, величина котораго милліоны разъ въ секунду колеблется между положительнымъ и отрицательнымъ значеніемъ; но распредѣленіе потенціала совершенно обратное по сравненію съ распредѣленіемъ тока: на свободныхъ концахъ цѣпи потенціалъ имѣетъ наибольшія колебанія DD' и EE', вблизи искры—наименьшія (фиг. 4).

Показать на опытѣ распредѣленіе потенціала не такъ легко, какъ распредѣленіе тока. Затемнивъ комнату, мы могли бы замѣтить свѣченіе на свободныхъ концахъ проволокъ, что является не вслѣдствіе прохожденія тока, какъ было съ калильными лампочками, а вслѣдствіе истеченія электричества, которое зависитъ отъ величины потенціала. Нагляднымъ образомъ это можно было бы показать фотографированіемъ проволоки. Уже давно извѣстно, что наэлектризованныя тѣла дѣйствуютъ на чувствительную пластинку, на которой послѣ ея проявленія получаются фигуры, окаймленныя тонкими лучеобразными штрихами. Если свѣточувствительную ленту продержать нѣкоторое время на нашей проволокѣ, то—послѣ ея проявленія—увидимъ, что длины этихъ лучей возрастаютъ отъ середины къ свободнымъ концамъ проволоки; также измѣняется и величина потенціала вдоль проволоки; болѣе точное изслѣдованіе обнаруживаетъ даже распредѣленіе по синусоидѣ.

Послѣ того, что было сказано объ индуктивномъ дѣйствіи на разстояніи періодическаго тока, ясно, что это дѣйствіе должно усиливаться вмѣстѣ съ увеличеніемъ повторяемости электрическихъ колебаній въ разомкнутой цѣпи. Какъ скоро мы образуемъ искру въ перерывѣ первичнаго проводника, такъ во вторичномъ проводникѣ наводится такой же токъ; но онъ слишкомъ слабъ, чтобы его обнаружить при помощи тѣхъ простыхъ и грубыхъ средствъ, которыми я до сихъ поръ пользовался. Зато я могу показать существованіе на проволокѣ колеблющагося потенціала; для этого я пользуюсь обыкновенными гейслеровыми трубками: соединяя ихъ въ различныхъ мѣстахъ проволоки, мы замѣчаемъ въ нихъ свѣченіе; ярче всего трубки свѣтятся на концахъ проволоки, меньше всего въ серединѣ проволоки. Совершенно также распредѣляется потенціалъ и на вторичной проволокѣ; и здѣсь, откладывая извѣстнымъ образомъ перпендикуляры, мы получили

бы синусоиду. Наоборотъ, токъ въ срединѣ проволоки достигаетъ наибольшей величины, а къ концамъ убываетъ до нуля (фиг. 6, *b*).

Особенно замѣчательно слѣдующее. Если вторичную проволоку разрѣзать пополамъ, то въ каждой половинѣ происходятъ самостоятельныя колебанія, опредѣляемыя длиною проволокъ (фиг. 6, *c*). Само собою напрашивается сравненіе со струною, которая, колеблясь какъ цѣлое, даетъ основной токъ, а обѣ половины, отдѣльно взятыя, даютъ второй обертонъ. Аналогія съ колебаніемъ струны здѣсь полная, и въ дальнѣйшемъ изложеніи мы ею воспользуемся для разъясненія электрическаго резонанса въ проволокахъ.



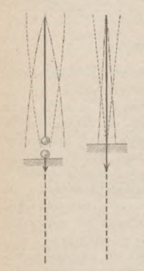
Фиг. 6.

Обращенные другъ къ другу концы вторичныхъ проволокъ заряжаются противоположно, и, если ихъ сблизить, между ними появится искра. Съ наведенною электрическою волною здѣсь происходитъ нѣчто такое, что бываетъ съ водяною волною, которая, встрѣчая на своемъ пути препятствіе, разбивается на тысячи брызгъ. И электрическая волна здѣсь разбивается на множество искръ; ихъ, правда, не видно, но я вызову одно дѣйствіе этихъ искръ, которое будетъ всѣмъ замѣтно; для этого между концами проволокъ я помѣщаю угольныя палочки дуговой лампы; какъ только я начинаю въ первичной проволокѣ пропускать искры, между угольками пробѣгаютъ тонкія огненныя нити, образующія какъ бы мостъ для тока, затѣмъ между углями появляется и вольтова дуга.

Чѣмъ же объяснить тѣ явленія, которыя мы только-что наблюдали? Тутъ дѣйствовали тѣ же силы, которыя заставляютъ вздрагивать лягушечью лапку; проникая чрезъ наше тѣло и чрезъ толстыя каменныя стѣны этого зданія, онѣ распространяются по всему безпредѣльному пространству. Скорость ихъ распростра-

ненія измѣрена; она равна скорости свѣта (300000 klm/sec). Если въ данное время на Марсѣ есть нашъ коллега по занятіямъ, погруженный въ тѣ же изслѣдованія, какъ и мы, и если онъ располагаетъ приборами несравненно болѣе совершенными нашихъ, то чрезъ нѣсколько минутъ свѣтъ лампы или трубки дастъ ему знать о томъ, что у насъ происходитъ. Если не считать неосуществимыми наши предположенія, то Тесла былъ вполнѣ правъ, когда съ поэтическою фантазіею мечталъ о будущихъ телеграфныхъ сношеніяхъ съ Марсомъ.

Представленіе о мірѣ, какъ о безпредѣльномъ океанѣ эѳира, волны котораго разносятъ электрическія силы, въ сущности то же не далеко ушло отъ поэтической фантазіи. Извѣстно, что подобнымъ же образомъ объясняютъ распространеніе свѣта и что въ самомъ свѣтѣ предполагаютъ электрическое явленіе, повторяемость колебаній котораго въ милліоны разъ еще больше. Эѳирныя бури на солнцѣ доносятъ къ намъ удары своихъ волнъ; онѣ разбиваются о сѣтчатку нашего глаза и обусловливаютъ ощущеніе свѣта. Звуковыхъ волнъ эѳиръ не передаетъ—къ нашему счастью можно прибавить, ибо тогда вмѣстѣ съ лучами свѣта до насъ доносился бы чудовищный концертъ, разыгрываемый на солнцѣ. Такимъ образомъ „музыка свѣтилъ" есть только поэтическая вольность.


Фиг. 7.

Послѣ этого отступленія вернемся опять къ нашимъ электрически колеблющимся проволокамъ. До сихъ поръ въ первичной цѣпи съ шариками или съ полюсами искрового промежутка мы соединяли проволоки. Теперь соединимъ одинъ изъ этихъ полюсовъ съ землею, а проволоку другого полюса протянемъ вертикально; отъ этого не измѣнятся въ проволокѣ ни распредѣленіе потенціала, ни распредѣленіе тока: все происходитъ такъ, какъ если бы въ землѣ, какъ въ зеркалѣ, образовывалось отраженіе вертикальной проволоки съ пробѣгающимъ по ней вверхъ и внизъ токомъ (фиг. 7). Если и половину вторичной проволоки протянемъ вертикально, а нижній конецъ ея соединимъ съ землею, то и здѣсь индукція будетъ происходить по

прежнему; опять землю можно представить себѣ замѣненною зеркаломъ. По дальность дѣйствія, т. е. разстояніе, на которое можно посылать электрическіе импульсы, увеличивается, какъ будто въ землѣ открывается второй путь для провода электрическихъ ударовъ или колебаній; на этомъ Тесла основалъ свой типъ безпроволочнаго телеграфа. Сомнительно, чтобы происходящее здѣсь можно было свести къ индукціи токовъ, какъ въ случаѣ проволокъ; я скорѣе склоненъ къ мысли, что явленіе зависитъ отъ колебаній потенціала. Безъ сомнѣнія, земля обладаетъ опредѣленнымъ электрическимъ потенціаломъ, истинная величина котораго намъ неизвѣстна; при безконечно большой емкости земли, средняя величина потенціала можетъ измѣняться только въ малыхъ предѣлахъ, какъ средняя глубина океана; поэтому величину этого потенціала произвольно принимаютъ за нуль, и потенціалъ, большій этого нуля, считаютъ положительнымъ, а меньшій—отрицательнымъ.

Но мѣстныя измѣненія величины земного потенціала дѣлаются замѣтными на большомъ разстояніи, подобно тому, какъ буря среди моря досылаетъ чрезъ нѣкоторое время свои волны до береговъ. Въ Дептфордѣ, близъ Лондона, имѣется большая электрическая инсталяція съ машинами перемѣннаго тока; разъ какъ-то борны этой машины соединились съ землею; вызванное этимъ возмущеніе земного потенціала было ясно замѣтно въ Парижской обсерваторіи на чувствительныхъ приборахъ, соединенныхъ съ землею.

Разсмотримъ теперь на опытѣ явленія индукціи, когда одинъ изъ полюсовъ соединенъ съ землею. Для этого одинъ полюсъ индуктора соединяемъ съ землею, а къ другому привяжемъ шнурокъ, обмотанный тонкою мѣдною проволокою. Второй такой же шнурокъ протягиваемъ на разстояніи метра отъ перваго, параллельно ему, и одинъ конецъ его тоже соединяемъ съ землею. Затемнивъ комнату, мы увидимъ искры въ нѣсколько сантиметровъ длины, которыя я извлекаю изъ второго проводника; теперь видно свѣченіе обѣихъ проволокъ. Если бы проволоки помѣстить перпендикулярно одну къ другой, то такого свѣченія не замѣчалось бы.

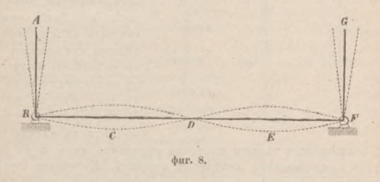
Если одинъ полюсъ искрового прерывателя соединить съ землею, то въ проволокѣ, соединенной съ другимъ полюсомъ, вызывается явленіе, отличающееся тѣмъ, что измѣненія потенціала растутъ отъ искры къ свободному концу, въ то время,

какъ амплитуда періодическаго тока достигаетъ наибольшей величины вблизи искры и уменьшается къ свободному концу. Точки струны, амплитуды колебанія коихъ наибольшія, называются *пучностями*, а неподвижныя точки струны называются *узлами*. Удерживая эти термины и для случая электрическихъ колебаній, мы можемъ сказать: на свободномъ концѣ проводника колебанія потенціала представляютъ пучность, а въ искрѣ узелъ; перемѣнный токъ, наоборотъ, представляетъ узелъ на свободномъ концѣ и пучность въ искрѣ.

Подобный примѣръ мы можемъ взять изъ механики. У меня здѣсь имѣется полоса желѣза въ метръ длиною, одинъ конецъ которой зажатъ въ тискахъ; если я молоткомъ ударю по желѣзу, то оно придетъ въ колебанія опредѣленнаго періода, зависящаго отъ длины полосы и коэффиціента упругости желѣза. Повторяемость колебаній, передаваемыхъ воздуху, соотвѣтствуетъ высотѣ звука, который мы слышимъ; эта высота не измѣняется по какому бы мѣсту полосы я ни ударилъ молоткомъ: полосѣ свойственна опредѣленная высота колебаній, зависящая единственно отъ ея длины; отклоненія въ сторону, испытываемыя полосою, или амплитуды ея колебаній наибольшія на свободномъ концѣ и наименьшія въ мѣстѣ закрѣпленія. Наоборотъ, напряженіе полосы отъ сгибанія будетъ больше всего на зажатомъ концѣ и меньше всего на свободномъ. Слѣдовательно на свободномъ концѣ полосы имѣется пучность колебательнаго движенія, а въ зажатомъ концѣ пучность упругаго натяженія; узлы размѣщаются наоборотъ. Слѣдовательно тутъ полная аналогія съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто въ электрически колеблющейся проволокѣ. И передачу волнообразнаго движенія отъ первичнаго проводника можно разъяснить механическою моделью. Я беру нашу полосу желѣза и сгибаю ее подъ прямымъ угломъ; въ вершинѣ угла полоса зажимается въ тискахъ; я ударяю молоткомъ по одной сторонѣ угла; вы видите, что и другая сторона начинаетъ колебаться: движеніе передалось второй половинѣ чрезъ узловую точку. Опытъ удается, когда обѣ стороны угла равной длины, когда слѣдовательно собственный тонъ второй стороны угла и доходящія до нея колебанія одной высоты. Если же сдѣлать стороны угла неравными, то колебанія одной стороны не передаются другой. Для удачи опыта необходимо однако, чтобы узловая точка испытывала нѣкоторое сотрясеніе; если бы она была закрѣплена совершенно неподвижно, то передача движенія въ желѣзѣ

совершалась бы исключительно молекулярными силами, и сотрясеніе второй полосы не было бы замѣтно глазомъ.

Дальнѣйшее развитіе опыта лучше всего можно понять изъ фиг. 8. Пусть *ABFG* упругій стержень въ шесть разъ длиннѣе свободнаго конца *AB*. Всякое сотрясеніе послѣдняго распространяется чрезъ узелъ *B* по направленію къ *C*, гдѣ даетъ пучность; отсюда колебанія передаются чрезъ свободный узелъ *D* къ *E* и далѣе чрезъ узелъ *F* на второй стержень *GF*. Всякое колебаніе перваго стержня вызываетъ синхроническія колебанія



фиг. 8.

второго стержня; движеніе передается чрезъ соединительный стержень *BF*, въ которомъ образуются *стоячія волны*. Если мы для опыта возьмемъ желѣзную полосу, то узлы и пучности можно обнаружить, посыпавъ эти мѣста сухимъ пескомъ: въ точкахъ *C* и *E* песокъ приходитъ въ сильное движеніе, въ точкѣ *D* остается неподвижнымъ. Извѣстно, что длиною волны называется разстояніе между двумя ближайшими колеблющимися точками, находящимися одновременно въ одинакихъ фазахъ, и мы приходимъ изъ нашего опыта къ такому заключенію: *движеніе отъ A къ G передается стоячею волною, длина которой въ четыре раза больше колеблющагося вертикальнаго стержня.*

Это положеніе примѣнимо и къ нашимъ электрическимъ колебаніямъ. Если отведенную къ землѣ проволоку *AB* (фиг. 9) привести въ электрическое сотрясеніе, сообщивъ какой-нибудь ея точкѣ, напр. *C*, электрическую искру, то проволока приходитъ въ электрическія колебанія, повторяемость коихъ зависитъ единственно отъ ея длины; на верхнемъ концѣ образуется пучность колебанія потенціала, въ точкѣ *A*—пучность колебанія тока. Если на нѣкоторомъ разстояніи находится другая проволока *DE*,

колебаній, число которыхъ будетъ больше 40000 въ секунду, а здѣсь ихъ милліоны); телефонъ только даетъ знать о первоначальномъ толчкѣ, вызванномъ появленіемъ искры. Тонъ, слышимый въ телефонѣ, соотвѣтствуетъ числу перерывовъ тока на первичной обмоткѣ индуктора.

Микрофонный пріемникъ самый чувствительный изъ приборовъ, употребляемыхъ для полученія сигналовъ въ безпроволочномъ телеграфѣ. Въ опытахъ, сдѣланныхъ въ Берлинѣ на 14 klm. по прямой линіи, вполнѣ отчетливо передавались телеграфные знаки, хотя проволока-пріемникъ длиною въ 12 m. была совершенно заслонена громадными зданіями.

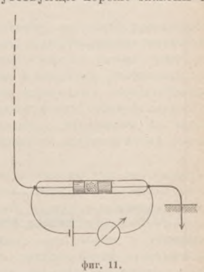
Замѣчательно, что микрофонный пріемникъ интересенъ не только какъ самый чувствительный, но и какъ самый старинный инструментъ этого рода; такое свойство микрофона было открыто въ концѣ 70-хъ годовъ самимъ геніальнымъ изобрѣтателемъ его, Юзомъ. Онъ разсказываетъ, что, проходя со своимъ микрофономъ по длинной улицѣ, на которой жилъ, онъ ясно слышалъ, когда пропускалась искра изъ индукціонной катушки въ его домѣ. Обстоятельства помѣшали ему разработать подробнѣе это открытіе. Юзъ пригласилъ нѣсколькихъ ученыхъ друзей присутствовать при опытѣ; хотя они и убѣдились въ дѣйствіи микрофона, однако нашли объясненіе Юза, основанное на дѣйствіи электрическихъ лучей, испускаемыхъ искрою, настолько невѣроятнымъ, что отговорили его дѣлать о томъ докладъ въ Royal Society, такъ какъ боялись, чтобы онъ не повредилъ этимъ своей ученой репутаціи. Цеховая ученость явилась здѣсь не въ первый уже разъ злѣйшимъ врагомъ истиннаго знанія.

Къ сожалѣнію, микрофонный пріемникъ можетъ служить лишь въ рѣдкихъ случаяхъ. Воспринимаемые имъ слабые перемѣнные токи, хотя и слышны въ телефонѣ, но совершенно недостаточны для реле съ приборомъ, пишущимъ морзевскими знаками. А въ большинствѣ случаевъ телеграмма необходимо должна быть записана.

Это требованіе можетъ быть болѣе или менѣе выполнено, если мы будемъ пользоваться индикаторами потенціала. Съ такимъ приборомъ мы уже познакомились при зажиганіи дуговой лампы. Въ перерывѣ, гдѣ помѣщалась пучность потенціала электрически колеблющейся проволоки, при помощи искры мы образовывали короткое замыканіе для постояннаго тока и такимъ образомъ подавали сигналъ. Только тогда, при незначительномъ

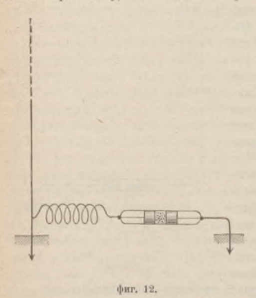
разстояніи между проволоками, мы получали искры длиною въ нѣсколько миллиметровъ, а потому могли пользоваться сравнительно простыми и грубыми пріемами. При разстояніи въ 100 klm. въ пучностяхъ получатся искры въ милліонъ разъ короче, а потому для обнаруженія ихъ приходится выбирать болѣе чувствительные пріемы.

Современный безпроволочный телеграфъ сдѣлался возможнымъ вслѣдствіе изобрѣтенія чрезвычайно чувствительнаго индикатора потенціала, названнаго по имени его изобрѣтателя *трубкою Бранли*. Я думаю, что присутствующіе хорошо знакомы съ устройствомъ этого прибора, а потому буду кратокъ. Въ пустой стеклянной трубкѣ (фиг. 11) помѣщены двѣ хорошо пригнанныя серебренныя пробки, между которыми насыпаны мелкія металлическія опилки, представляющія при обыкновенныхъ условіяхъ почти безконечное сопротивленіе прохожденію тока. Серебренныя пробки соединены съ платиновыми проволоками, впаянными въ трубки; и предназначенными съ одной стороны проводить къ опилкамъ электрическія колебанія изъ проволоки-пріемника, а съ другой стороны—соединять концы цѣпи, въ которой кромѣ маленькаго сухого элемента находится еще реле. Когда въ трубкѣ начинаются колебанія потенціала, то безконечно малыя искры, появляющіяся между опилками, замыкаютъ цѣпь въ реле, вслѣдствіе чего замыкается другая мѣстная цѣпь съ болѣе сильнымъ токомъ и приводится въ дѣйствіе морзевскій аппаратъ. При этомъ опилки слегка спаиваются, но легкое встряхиваніе трубки (ударами особаго молоточка) нарушаетъ эти соединенія и сообщаетъ ей снова громадное сопротивленіе. Краткою или продолжительною подачею сигналовъ можно писать „точки" и „линіи" морзевскаго алфавита.


Фиг. 11.

Какъ мы уже знаемъ, трубка Бранли должна быть помѣщена въ пучность потенціала, ибо она откликается только на

измѣненія потенціала. Если мы хотимъ воспользоваться основнымъ тономъ колебаній, то должны проволоку-пріемникъ внизу соединить съ землею; но тогда пучность потенціала образуется въ самой верхней точкѣ, которая недоступна. Много труда потребовалось прежде, чѣмъ нашли чрезвычайно простое средство спустить пучность съ воздушныхъ высотъ въ доступную для насъ точку у поверхности земли. Опытъ съ вибрирующею полосою желѣза поможетъ намъ разобраться въ этомъ дѣлѣ. Если къ нижнему концу проволоки-пріемника прикрѣпимъ такой же длины проволоку, то колебанія чрезъ узловую точку распространятся по этой добавочной проволокѣ и образуетъ на ея свободномъ концѣ пучность такую же, какъ и на верхушкѣ вертикальной проволоки. Эту проволоку можно вести и не по прямой линіи, а намотать на катушку (фиг. 12).


Фиг. 12.

Всякая истинно полезная мѣра влечетъ за собой рядъ другихъ удобствъ. Такъ было и здѣсь. Помѣщая испытуемую проволоку вблизи поверхности земли, мы и трубку Бранли сохранимъ отъ неизбѣжныхъ капризовъ электричества. Къ нимъ прежде всего принадлежитъ разрядъ атмосфернаго электричества; вѣдь, какъ извѣстно, на большихъ высотахъ воздухъ обладаетъ инымъ потенціаломъ, чѣмъ на поверхности земли; сверхъ того эти потенціалы измѣняются, особенно въ жаркіе дни. Служащимъ на безпроволочномъ телеграфѣ прежде было мало радости, когда атмосфера вмѣшивалась въ разговоры и перепутывала ихъ морзевскіе знаки. Эти нарушенія порядка теперь устранены и настолько основательно, что можно безошибочно передавать знаки даже во время самой сильной грозы, какъ это показали многочисленные опыты въ Берлинѣ.

Указанныя приспособленія предохраняютъ также и отъ втор-

женія въ проволоку-пріемникъ знаковъ съ чужого аппарата-отправителя. Но во всякомъ случаѣ послѣдній не долженъ находиться слишкомъ близко или оказывать черезчуръ сильное дѣйствіе; иначе первый импульсъ искры приводитъ пріемникъ въ слабое колебаніе свойственнаго ему періода; при значительномъ разстояніи эти одиночные толчки недостаточны и пріемникъ отзывается только, когда многочисленныя пульсаціи отдѣльныхъ искръ повторяются въ тактъ съ его собственными колебаніями и тѣмъ самымъ постепенно усиливаютъ свое дѣйствіе; правда, это постепенное усиленіе совершается въ какую-нибудь десятитысячную долю секунды.

Благодаря описанному устройству, не только усиливается вѣрность передачи, но и дальность телеграфированія значительно увеличивается. Съ практической стороны весьма важно то обстоятельство, что для передачи и полученія телеграммы годятся громоотводы или желѣзныя пароходныя мачты. Полное согласованіе приборовъ, находящихся между собою въ сношеніи, и одновременное полученіе различныхъ телеграммъ на одной проволокѣ-пріемникѣ, какъ я показалъ въ другомъ мѣстѣ, можно считать рѣшенною задачею.

Сказаннымъ до сихъ поръ не исчерпаны еще всѣ средства усовершенствованія безпроволочнаго телеграфа. Если мы предложимъ вопросъ, какъ бы сдѣлать аппаратъ-пріемникъ болѣе чувствительнымъ, то прежде всего должны будемъ остановиться на трубкѣ Бранли. Послѣ цѣлаго года работы я убѣдился, что нѣтъ надежды сдѣлать этотъ приборъ болѣе чувствительнымъ. Правда, мы можемъ увеличить его чувствительность, употребляя болѣе мелкія опилки и примѣшивая серебро, но такой порошокъ теряетъ способность раздѣляться; если же трубка Бранли при малѣйшемъ встряхиваніи не принимаетъ тотчасъ же безконечно большого сопротивленія, то она вовсе негодна. Вѣрность передачи еще важнѣе чувствительности, а потому лучше пока довольствоваться менѣе чувствительнымъ приборомъ.

Можно разсматривать вопросъ и съ другой точки зрѣнія. Безпроволочное телеграфированіе состоитъ въ передачѣ энергіи, нѣкоторое количество которой улавливается проволокою-пріемникомъ. Количество энергіи обусловливается токомъ и разностью потенціаловъ; такъ какъ трубка Бранли отзывается исключительно на потенціалъ, то слѣдуетъ по возможности поднять величину потенціала на счетъ тока. Недавно Маркони, слѣдуя при-

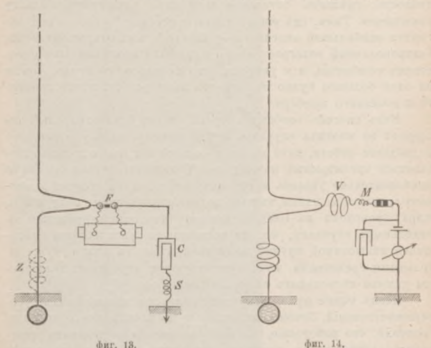
мѣру Лоджа, воспользовался для этой цѣли принципомъ трансформатора. Еще дѣйствительнѣе другой способъ, который мы поясинмъ акустическою аналогіею. У меня здѣсь камертонъ, который я ударяю молоточкомъ и привожу такимъ образомъ въ колебанія; онъ звучитъ тихо; я ставлю его на резонансовый ящикъ и звукъ дѣлается замѣтно сильнѣе; нѣчто подобное можно устроить и для электрическихъ колебаній. Всякому электротехнику извѣстно такъ называемое явленіе Феррари: если клеммы альтернативной машины соединить съ обоими проводниками незамкнутаго кабеля, то при извѣстныхъ условіяхъ на концахъ этого кабеля разность потенціаловъ становится въ нѣсколько разъ превосходящею разность потенціаловъ на борнахъ машины; для этого слѣдуетъ только выбрать такъ сопротивленіе, емкость и самоиндукцію кабеля, чтобы свойственное ему число электрическихъ колебаній приблизительно равнялось числу колебаній тока машины.

Представимъ себѣ проволоку съ періодическимъ токомъ и соединимъ ее съ настроенною на ту же повторяемость спираль малой емкости и большой самоиндукціи; на свободномъ концѣ такой спирали получится значительно бóльшій потенціалъ. Имѣющаяся здѣсь энергія какъ бы передается сильнѣе вибрирующей резонансовой доскѣ; здѣсь потенціалъ увеличивается на счетъ тока; поэтому я предложилъ этотъ приборъ назвать *мультипликаторомъ*; онъ не имѣетъ ничего общаго съ трансформаторомъ, въ которомъ, равно какъ и въ извѣстномъ автотрансформаторѣ, мы имѣемъ дѣло съ двумя самостоятельно вибрирующими контурами; здѣсь напротивъ того имѣемъ одну катушку, въ которую вводимъ энергію низкаго напряженія и изъ которой получаемъ энергію высокаго напряженія.

Приведенныя здѣсь научныя основанія безпроволочнаго телеграфа, бывшія плодомъ обширныхъ изслѣдованій и сдѣлавшіяся теперь общимъ достояніемъ, эксплуатируются для цѣлей телеграфированія извѣстною фирмою Allgemeine Electrizitäts-Gesellschaft подъ руководствомъ графа Арко. Подробности этихъ инсталяцій было бы слишкомъ долго описывать. Главнѣйшіе изъ нихъ выставлены здѣсь; значеніе ихъ непосредственно вытекаетъ изъ сказаннаго ранѣе.

Приборъ-отправитель (фиг. 13) состоитъ изъ проволоки, прикрѣпленной къ флагъ-штоку на зданіи, который отведенъ къ землѣ (соединенъ съ водопроводною трубою); средина проволоки

проведена чрезъ окно въ залу; въ F она соединена съ индукторомъ, отъ котораго получается токъ. Другой полюсъ индуктора при помощи конденсатора C (подобранной емкости) соединенъ съ землею. Какъ при ударѣ о полосу желѣза въ нашемъ прежнемъ опытѣ, проволока вслѣдствіе толчка, полученнаго отъ электрической искры, приходитъ въ электрическія колебанія, длина волны коихъ въ 4 раза больше длины проволоки. Если мы хотимъ телеграфировать при помощи болѣе длинныхъ волнъ, то къ проволокѣ должны прибавить спираль Z, изображенную на рис. пунк-



фиг. 13. фиг. 14.

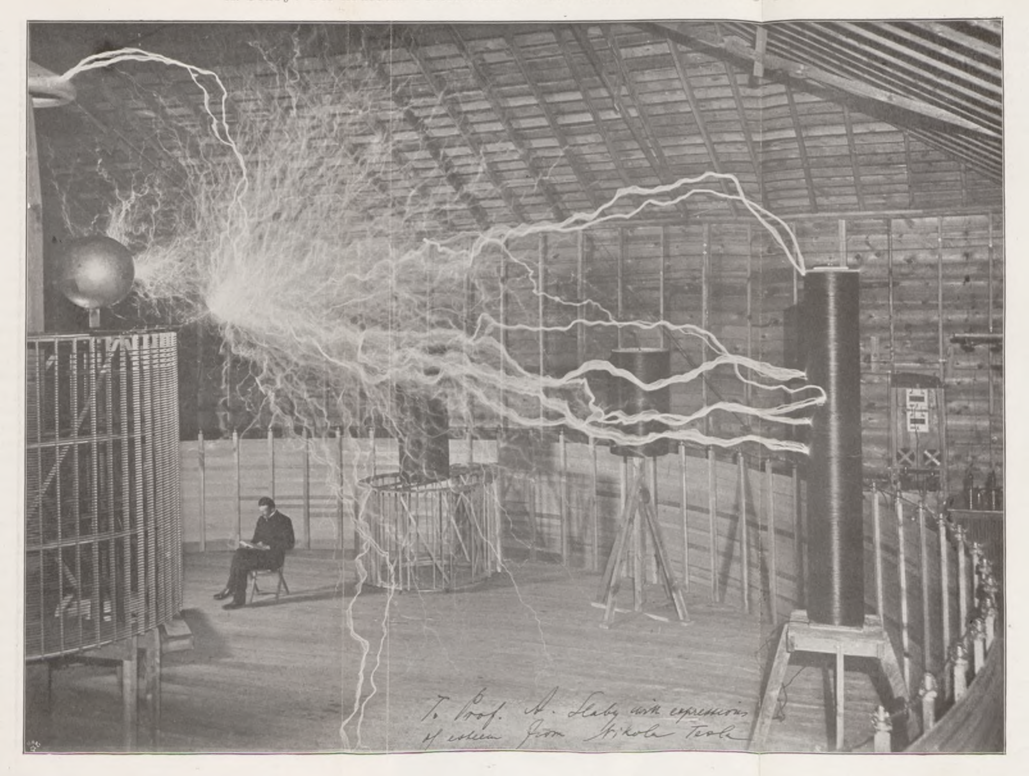
тиромъ; она эквивалентна проволокѣ опредѣленной длины, на которую такимъ образомъ увеличиваемъ четверть волны. Здѣсь имѣется цѣлый рядъ такихъ дополнительныхъ спиралей; въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ нужно регулировать колебанія въ нашей цѣпи, замыкаемой чрезъ землю, дабы получить возможно болѣе сильное дѣйствіе прибора. Это регулированіе достигается очень просто измѣненіемъ спирали S или конденсатора C.

Пріемникомъ служитъ такая же проволока, къ которой прибавлено продолженіе въ видѣ эквивалентной спирали V (фиг. 14). Пучность потенціала въ концѣ спирали усиливается подобраннымъ

для этой цѣли мультипликаторомъ M, за которымъ непосредственно слѣдуетъ трубка Бранли; въ проволоку, отводящую къ землѣ эту трубку, включены сухой элементъ и реле, параллельно съ которымъ помѣщенъ еще конденсаторъ. При такомъ устройствѣ вышеназванное общество гарантируетъ вѣрную передачу телеграммъ на морѣ на разстояніе 100 km. съ мачтами въ 50 m. Такимъ образомъ безпроволочный телеграфъ вышелъ теперь изъ стадіи попытокъ, которые ведутся ощупью, и включенъ въ кругъ сознательной дѣятельности инженеровъ, а всемогущая промышленность сдѣлаетъ остальное и быстро расширитъ область примѣненія. Тамъ, гдѣ жизнь и благосостояніе человѣка подвергаются наибольшей опасности—у береговъ и въ открытомъ морѣ, безпроволочный телеграфъ скоро сдѣлается незамѣнимымъ средствомъ сообщенія, и я увѣренъ, что недалеко то время, когда ни одно большое судно не выйдетъ въ море безъ этого простого и полезнаго прибора.

Какъ способъ сообщенія чрезъ океанъ безпроволочный телеграфъ во многихъ случаяхъ сдѣлаетъ ненужнымъ употребленіе подводнаго кабеля, хотя въ этомъ отношеніи мы не должны предаваться чрезмѣрнымъ надеждамъ. Теперь мы не можемъ даже приблизительно указать предѣловъ; оставляя въ сторонѣ слишкомъ грандіозные планы, въ родѣ поднятія при помощи воздушнаго шара проволоки въ 1000 m. длиною (что если и возможно въ отдѣльныхъ случаяхъ, то для постояннаго употребленія совершенно немыслимо), трудно надѣяться даже съ болѣе чувствительными средствами, чѣмъ существующіе, передавать телеграммы дальше нѣсколькихъ сотенъ километровъ.

Ясенъ также путь, открывающійся для дальнѣйшихъ усовершенствованій. Законы, изложенные въ началѣ моего доклада, показали, что разстояніе, на которое можно передавать телеграммы, зависитъ въ сущности отъ трехъ условій: отъ длины параллельныхъ проводниковъ, отъ повторяемости колебаній и отъ средней величины тока. Первые два фактора едва-ли можно усилить; удлиненіе проволоки влечетъ за собою большую длину волны, а вмѣстѣ съ тѣмъ слѣдовательно и меньшую повторяемость колебаній; чтобы избѣжать этого, нужно было бы найти средство сдѣлать длину волны независимою отъ длины вибрирующей проволоки. Остается, значитъ, только усиленіе индуцирующаго тока; это зависитъ отъ двухъ величинъ: отъ электроемкости проводника и отъ разности потенціаловъ, вызывающей


To Prof. A. Slaby with expressions
of esteem from Nikola Tesla

искру. Чѣмъ выше мы поднимемъ проволоку, тѣмъ меньше будетъ емкость той части проводника, которая удалена отъ земной поверхности; чѣмъ объемистѣе проволока, тѣмъ труднѣе будетъ ее уставить въ грозу и бурю.

Приведенныя разсужденія, надѣюсь, показали вамъ, что будущее безпроволочнаго телеграфа исключительно зависитъ отъ полученія токовъ высокаго потенціала. Все, чего мы достигли въ этомъ отношеніи и что я вамъ показалъ при помощи бывшихъ у меня приборовъ, очень скромно въ сравненіи съ тѣмъ, чего добился далеко отъ насъ, по ту сторону океана, на высотахъ Rocky Mountains, у истоковъ рѣки Колорадо, удалившійся отъ міра изслѣдователь—Никола Тесла. То, что мы знаемъ о его открытіяхъ, было показано немногимъ посвященнымъ. Я тоже не былъ очевидцемъ и могу судить только по нѣсколькимъ фотографіямъ, которыя были мнѣ присланы на дняхъ. Здѣсь (см. прилагаемую табл.) вы видите самого Тесла въ его уединенномъ домѣ, сколоченномъ изъ досокъ; онъ весь окруженъ электрическими искрами такой чудовищной величины, которыя оставляютъ въ тѣни все, что могла бы создать самая смѣлая фантазія. Если бы онъ отдалъ на служеніе безпроволочному телеграфированію свое теоретическое знаніе и свой выдающійся техническій талантъ, то мы могли бы дожить до новыхъ такихъ усовершенствованій, которыя были бы достойны занять мѣсто рядомъ съ первымъ геніальнымъ начинаніемъ Маркони. Теслѣ дѣлали упрекъ, что онъ до сихъ поръ не извлекъ никакихъ практическихъ результатовъ изъ своихъ опытовъ, а подъ впечатлѣніемъ всего фантастическаго и страннаго, что говорятъ о немъ въ печати, многіе даже сомнѣваются въ его способностяхъ. Но, при видѣ тѣхъ чудесныхъ явленій, которыя природа представляетъ намъ въ таинственной электрической искрѣ, невольно дѣлаешься поэтомъ; даже такой серьезный ученый, какъ проф. Айртонъ, набросалъ въ своихъ мечтахъ картину будущаго: „Придетъ день, когда мы всѣ будемъ забыты, когда мѣдныя проволоки, гутаперчевые изоляторы и желѣзные проводники будутъ показываться только въ музеяхъ; тогда человѣкъ, пожелавъ говорить со своимъ товарищемъ и не зная гдѣ онъ, закричитъ электрическимъ голосомъ, который можетъ услышать лишь тотъ, кто снабженъ соотвѣтственно настроеннымъ электрическимъ ухомъ. Онъ скажетъ: гдѣ ты? и въ его ухѣ прозвучитъ отвѣтъ: я въ глубинѣ рудника, на вершинѣ Андовъ или на далекомъ океанѣ.

Или не будетъ отвѣта, и тогда онъ будетъ знать, что его другъ мертвъ".

Наука вѣчна и въ то же время юношески молода; изъ неисчерпаемаго источника природы она безпрестанно добываетъ все новыя и новыя сокровища!

Теорія электроновъ

В. Кауфмана [1].

Въ исторіи науки нерѣдко наблюдается, что воззрѣнія, которыя долгое время считались устарѣлыми и оставленными, вдругъ опять возраждаются, хотя въ нѣсколько измѣненномъ видѣ. Особенно интереснымъ примѣромъ тому можетъ служить происходящій въ послѣдніе годы переворотъ въ нашихъ воззрѣніяхъ на электрическіе процессы.

Современная теорія электрическихъ и тѣсно съ ними связанныхъ оптическихъ явленій, которую можно назвать *теоріею электроновъ*, представляетъ возвращеніе къ представленіямъ, высказаннымъ еще В. Веберомъ и Цёльнеромъ въ 60-хъ и 70-хъ гг. истекшаго 19-го столѣтія, но видоизмѣненнымъ сообразно открытіямъ Максвелля и Герца. В. Веберъ разсматривалъ электрическія явленія, какъ дѣйствія элементарныхъ электрическихъ частицъ, такъ наз. *электрическихъ атомовъ*, взаимодѣйствія коихъ зависятъ не только отъ ихъ положеній, но еще отъ ихъ относительныхъ скоростей и ускореній. При помощи этихъ допущеній Веберу удалось не только описать всѣ извѣстныя въ то время электродинамическія явленія, но и объяснить подтверждаемую опытами пропорціональность между электро- и теплопроводностью въ металлахъ, а также амперовскіе молекулярные токи въ магнитахъ; тѣмъ не менѣе теорія Вебера была принята далеко не всѣми современными ему физиками. Причину такого

---

[1] Переводъ съ нѣмецкаго доклада на Гамбургскомъ съѣздѣ нѣмецкихъ натуралистовъ: *W. Kaufmann*, Die Entwicklung des Elektronenbegriffs. (Phys. ZS., Bd. 3, p. 9).

отрицательнаго успѣха слѣдуетъ искать въ томъ обстоятельствѣ, что большинство электродинамическихъ законовъ, выраженныхъ дифференціальными уравненіями, оказывались удобнѣе и гораздо проще веберовскихъ формулъ. Къ тому же Веберъ вовсе не пытался опредѣлить величину предположенныхъ имъ электрическихъ атомовъ и провѣрить свои гипотезы примѣненіемъ ихъ къ другимъ молекулярнымъ явленіямъ. Наконецъ вслѣдствіе работъ Фарадея и Максвелля установилось убѣжденіе, что въ электрическихъ и магнитныхъ процессахъ непосредственное дальнодѣйствіе должно уступить мѣсто распространенію съ опредѣленною скоростью; такое требованіе, предъявленное еще въ 1845 г. Гауссомъ, не было удовлетворено Веберомъ. Мемуары Максвелля, появившіеся въ теченіе 1861 и 1862 годовъ и затѣмъ переработанные въ его знаменитомъ „Treatise on Electricity and Magnetism", равно какъ блестящіе опыты Герца, сдѣланные въ 1887 г. и подтвердившіе результаты Максвелля, казалось, лишали веберовскія воззрѣнія всякаго права на существованіе.

Дѣйствительно, максвеллевскія формулы, совершенно чуждыя какого-либо атомистическаго представленія, воспроизводили основныя электрическія явленія такъ же хорошо, какъ и старыя формулы, основанныя на дальнодѣйствіи; открытыя же Герцомъ электрическія волны вообще объяснялись только максвеллевскою теоріею.

Этотъ блестящій успѣхъ какъ бы ослѣпилъ сначала ученыхъ, и они не замѣчали недостатковъ максвеллевской теоріи въ отношеніи нѣкоторыхъ оптическихъ явленій. По Максвеллю свѣтовыя колебанія должны быть не простыми механическими колебаніями эѳира, но *электрическими* колебаніями, а обѣ постоянныя, характеризующія электрическія и магнитныя свойства даннаго тѣла (діэлектрическая и магнитная постоянныя), должны были опредѣлять и его преломляющую способность. Если законъ Максвелля—показатель преломленія равенъ корню квадратному изъ діэлектрической постоянной—для нѣкоторыхъ тѣлъ болѣе или менѣе удовлетворялся, то съ другой стороны многія тѣла представляли столь значительныя уклоненія, что теорію въ ея первоначальномъ видѣ нельзя было признавать удовлетворительною. При томъ же зависимость показателя преломленія отъ цвѣта лучей вовсе не объяснялась теоріею.

Въ 1874 г. Гельмгольцъ, слѣдуя первой, не вполнѣ удачной попыткѣ Зельмейера, построилъ механическую теорію свѣтораз-

сѣеванія, основанную на предположеніи, что матеріальнымъ частицамъ свойственны колебанія опредѣленныхъ періодовъ.

Еще въ 1880 г., т. е. когда въ Германіи никто не признавалъ максвеллевскую электромагнитную теорію свѣта, Лоренцъ показалъ, что можно составить электромагнитную теорію свѣторазсѣеванія, совершенно аналогичную прежней механической теоріи, принимая каждую частицу за источникъ электрическихъ колебаній опредѣленнаго періода. Онъ допускаетъ, „что въ каждой частицѣ тѣла находится нѣсколько наэлектризованныхъ матеріальныхъ точекъ, изъ коихъ лишь одна подвижна". Пользуясь этимъ допущеніемъ заряженныхъ частичекъ, способныхъ колебаться, Лоренцъ выводитъ свою формулу свѣторазсѣеванія.

Теперь возникаетъ вопросъ: почему въ каждомъ прозрачномъ тѣлѣ мы допускаемъ существованіе наэлектризованныхъ частичекъ? Отвѣтъ подсказываетъ та область явленій, которая трудно укладывалась въ теорію Максвелля и потому всегда разсматривалась со старой точки зрѣнія. Я разумѣю явленія *электролиза*. Когда электричество протекаетъ чрезъ электролитъ, то по закону Фарадея—каждая единица тока выдѣляетъ на электродахъ химически-эквивалентныя массы; слѣд. явленіе можно представлять себѣ такъ, что каждая химическая атомность того и другого іона, перемѣщающагося въ электролитѣ, связана съ вполнѣ опредѣленнымъ и неизмѣннымъ количествомъ положительнаго или отрицательнаго электричества.

Въ своей фарадеевской рѣчи 1881 г. Гельмгольцъ указалъ на то, что изъ закона Фарадея мы вынуждены заключить о существованіи *электрическихъ атомовъ*. Такъ какъ заряженные химическіе атомы, названные Фарадеемъ іонами, выдѣляются у электродовъ въ видѣ нейтральнаго вещества, то тамъ должна происходить отдача зарядовъ іонами или взаимный обмѣнъ зарядовъ. Въ теченіе этого процесса, который вѣдь не можетъ происходить мгновенно, заряды хотя короткое время должны существовать самостоятельно; чего же естественнѣе, какъ этотъ постоянный зарядъ частицы принять за электрическій атомъ? И если нейтральная частица, напр. $NaCl$, распадается въ водѣ на положительно заряженный Na и отрицательно заряженный Cl, то самое вѣроятное предположить, что и до того атомы хлора и натрія обладали каждый своимъ зарядомъ и что эти заряды не были замѣтны снаружи только потому, что были одинаково велики и совмѣщались. Представимъ себѣ, что свѣтовой лучъ

проходитъ чрезъ кристаллъ хлористаго натрія; тогда заряды, а слѣд. и связанные съ ними атомы должны прійти въ колебанія и такимъ образомъ оказывать вліяніе на свѣтовое движеніе. Итакъ электрическіе заряды атомовъ мы должны считать за тѣ электрическія частицы, которыя приходятъ въ колебанія внутри прозрачнаго тѣла; ихъ силы взаимодѣйствія, какъ доказалъ Гельмгольцъ, главнымъ образомъ обусловливаютъ химическое сродство.

Хотя, какъ было упомянуто, планъ зданія электромагнитной теоріи свѣта былъ составленъ Лоренцомъ еще въ 1880 г. (а въ общихъ чертахъ указывался еще гораздо раньше Веберомъ), но прошло цѣлое десятилѣтіе (въ которое сдѣланы были открытія Герца), пока не начали собирать матеріалъ для постройки этого зданія. Въ промежутокъ отъ 1890 до 1893 года появился рядъ работъ Рихарца, Эберта и Джонстона Стонея, относящихся главнымъ образомъ къ механизму свѣтоиспусканія раскаленныхъ паровъ; въ этихъ работахъ дѣлается попытка опредѣлить—на основаніи данныхъ кинетической теоріи газовъ—величину электрическаго атома, существованіе котораго предположилъ Гельмгольцъ и которому Стоней далъ всѣми теперь принятое названіе *электрона*.

Результаты всѣхъ этихъ изслѣдованій очень важны: они показали, что найденныя цифры не противорѣчатъ даннымъ другихъ опытовъ. Такъ, для того, чтобы давать лучи той яркости, которую Э. Видеманъ нашелъ изъ опыта, амплитуда электрона въ свѣтящихъ парахъ натрія должна — какъ показалъ Эбертъ— быть лишь малою частью діаметра частицы.

Путь къ вычисленію заряда электрона очень простой. Количество электричества, нужное для электролитическаго выдѣленія 1 ccm. какого-нибудь одноатомнаго газа, раздѣляется на лошмидтовское число (т. е. на число частицъ газа въ 1 ccm.). При нѣкоторой неопредѣленности послѣдняго числа можно лишь сказать, что электронъ содержитъ приблизительно 10^{-10} электростатическихъ единицъ. Это число было бы очень проблематично, если бы цѣлый рядъ другихъ методовъ, которые укажемъ ниже, не приводилъ къ подобному же значенію.

Въ то время, какъ старались доказать, что наблюдаемыя явленія по своимъ размѣрамъ совмѣстимы съ гипотезою колеблющихся зарядовъ іоновъ, появились независимо одна отъ другой двѣ работы, которыми довершалось зданіе электромагнитной теоріи свѣта. Одна изъ этихъ работъ, принадлежащая Гельм-

гольцу, посвящена спеціальному вопросу свѣторазсѣванія, другая, авторомъ коей былъ Лоренцъ, идетъ значительно дальше. Здѣсь показывается, какъ—допущеніемъ соколебаній заряженныхъ частицъ прозрачнаго тѣла устраняются всѣ затрудненія къ удовлетворительному объясненію распространенія свѣта въ движущихся тѣлахъ, напр. аберраціи свѣта. Лоренцевская теорія не измѣняетъ максвеллевскихъ уравненій для свободнаго эѳира. Матеріальное тѣло вліяетъ на оптическія и электрическія явленія только находящимися въ немъ подвижными зарядами, тогда какъ въ эѳирѣ, наполняющемъ промежуточныя пространства, все остается безъ измѣненія. „Діэлектрическая постоянная" является у Лоренца не основнымъ понятіемъ, какъ у Максвелля, а производнымъ; въ случаѣ быстрыхъ колебаній, при которыхъ надо принимать во вниманіе инерцію колеблющихся зарядовъ, діэлектрическая постоянная не имѣетъ смысла. То же самое имѣетъ мѣсто и для магнитной постоянной.

Въ виду одной легкости, съ которою лоренцевская теорія объясняла явленія дисперсіи и аберраціи, едва-ли требовалось прямое доказательство ея вѣрности. Тѣмъ не менѣе и такое скоро представилось.

Въ 1896 г. Зееманъ, ученикъ Лоренца, открылъ одно явленіе, которое еще Фарадей (1862) тщетно искалъ.

Если свѣтящій паръ, напр. натріевое пламя, помѣстить въ сильное магнитное поле, то спектральныя линіи пара испытываютъ измѣненія, состоящія—смотря по направленію линіи зрѣнія—или въ удвоеніи или въ утроеніи ихъ [1]; эти измѣненія предусматриваются теоріею Лоренца.

Изъ наблюденія надъ явленіемъ Зеемана можно опредѣлить массу, связанную съ колеблющимся зарядомъ; при этомъ получается такой поразительный результатъ: *колеблющійся электронъ всегда заряженъ отрицательно, тогда какъ положительный электронъ неподвиженъ.* Отношеніе заряда электрона къ его массѣ равно 17.10^6 эл.-магн. единицъ; такъ какъ 1 gr. водорода, т. е. его граммомолекула содержитъ зарядъ лишь въ 9050 эл.-магн. единицъ, то заключаемъ, что съ колеблющимся электрономъ связана масса въ двѣ тысячи разъ меньшая массы атома водорода. Это заставляетъ прежнее наше представленіе, что цѣлый іонъ (т. е. химическій атомъ и его зарядъ) колеблются, замѣнить до-

[1]) См. *Физическое Обозрѣніе* 2 т. (1901) стр. 284.

пущеніемъ, что какъ при электролитическомъ выдѣленіи, такъ и въ свѣтоиспускающей частицѣ электрическіе заряды обладаютъ самостоятельною подвижностью, и что *въ зеемановскомъ явленіи приходится разсматривать массы самихъ электроновъ.*

Послѣ этого приходимъ къ представленію, которое почти совпадаетъ съ старымъ веберовскимъ допущеніемъ, съ тѣмъ однако важнымъ различіемъ, что непосредственное дальнодѣйствіе замѣнилось посредствующимъ дѣйствіемъ, распространяемымъ эѳиромъ, и что мы выработали численное представленіе о величинѣ электрическаго атома. Надо отмѣтить еще одно отличіе нашей теоріи отъ веберовской: въ своихъ теоретическихъ разсужденіяхъ Веберъ наугадъ принялъ, что однѣ положительныя частицы обладаютъ подвижностью; явленіе Зеемана заставляетъ насъ перенести это свойство на *отрицательныя* частицы. Обнаружилось, что и въ другихъ явленіяхъ, которыя мы опишемъ ниже и при объясненіи коихъ надо разсматривать іоны, свободно движущимся является всегда *отрицательный электронъ.* Чѣмъ обусловливается такая односторонность, удастся-ли намъ когда-нибудь найти свободно движущіеся положительные электроны, или дуалистическое воззрѣніе на электричество должно быть замѣнено унитарнымъ? Рѣшеніе этихъ вопросовъ слѣдуетъ предоставить будущему.

Послѣ того, какъ понятіе объ электронѣ развилось на почвѣ теоріи свѣта, оно возникло и въ области чисто электрическихъ явленій.

Электрическіе разряды въ газахъ уже давно пробовали представить какъ процессъ родственный электролизу. Гизе первый высказалъ эту гипотезу при изслѣдованіи электроводности пламени и пытался даже электроводность металловъ объяснить перемѣщеніями іоновъ.

Но болѣе всего этому способствовали такъ наз. *катодные лучи*, получившіе теперь - отчасти благодаря открытію рёнтгеновскихъ лучей - особенную важность. Плюкеръ и Гитторфъ первые изслѣдовали зеленую флуоресценцію стекла разрядной трубки, въ которой воздухъ сильно разрѣженъ. Въ теченіе дальнѣйшихъ изслѣдованій, заслуга въ коихъ принадлежитъ главнымъ образомъ Э. Гольдштейну, обнаружилось, что явленіе обязано своимъ происхожденіемъ особаго рода лучамъ, исходящимъ изъ отрицательнаго электрода, катода трубки, и названнымъ Гольдштейномъ *катодными лучами.* Свойства этихъ лучей въ

магнитномъ полѣ, ихъ тепловыя дѣйствія, ихъ механическія дѣйствія Круксъ объясняетъ гипотезою, что катодные лучи образуются частицами газовъ, которые заряжаются отрицательно у катода, отталкиваются отъ него (какъ въ знаменитой „электрической пляскѣ") и устремляются въ пространство разрядной трубки. И дѣйствительно большинство наблюдаемыхъ явленій легко объясняется этою гипотезою [1]).

Однако болѣе тщательное изслѣдованіе, именно количественныя измѣренія скоро обнаружили несостоятельность гипотезы Крукса, по крайней мѣрѣ въ ея первоначальной формѣ. Къ сожалѣнію, при этомъ въ Германіи отвергли всю гипотезу, такъ какъ спеціальное представленіе о заряженіи частицъ чрезъ контактъ оказалось невѣрнымъ. Но на мѣсто отвергнутой гипотезы никто не могъ дать чего-нибудь лучшаго; чѣмъ больше накоплялось наблюденій, тѣмъ загадочнѣе становились катодные лучи; наконецъ, дѣло дошло до того, что казалось недостойнымъ порядочному физику заниматься количественнымъ и теоретическимъ изслѣдованіемъ столь неподатливаго явленія. Вдругъ Рёнтгенъ открываетъ X-лучи — самое загадочное изъ загадочнаго. Это дало толчекъ приступить къ рѣшенію многихъ вопросовъ. Затраченные труды скоро увѣнчались успѣхомъ.

Изслѣдованія Вихерта, Кауфмана, Ашкинаса, Дж. Дж. Томсона, Вина, Ленарда и Де-Кудреса показали, что стоитъ лишь видоизмѣнить круксовскую гипотезу, чтобы получить вполнѣ удовлетворительное объясненіе всѣхъ явленій. Для этого надо только разсматривать катодные лучи состоящими изъ заряженныхъ *частичекъ, которыя гораздо меньше обыкновенныхъ атомовъ.* Цѣлый рядъ доступныхъ измѣренію свойствъ катодныхъ лучей позволяетъ опредѣлить зарядъ этихъ частичекъ, отнесенный къ единицѣ ихъ массы (одному грамму). Хотя различные наблюдатели и получили нѣсколько различные результаты (отъ 7 до 19 милліоновъ эл.-магн. единицъ на одинъ граммъ), но они столь близки къ числамъ, полученнымъ изъ явленія Зеемана, что приходится согласиться съ мнѣніемъ Вихерта, что въ обоихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ однѣми и тѣми же частичками именно съ электронами. Такимъ образомъ въ катодныхъ лучахъ электроны совершенно ясно предстаютъ передъ нами, тогда какъ въ свѣтовыхъ процессахъ ихъ существованіе довольно скрытое.

---

[1]) См. *Физическое Обозрѣніе* 1 т. (1900) стр. 56.

Выходя изъ этой гипотезы, легко объяснить цѣлый рядъ явленій. Въ катодныхъ лучахъ электроны движутся съ неимовѣрною скоростью, которая—по прямымъ измѣреніямъ Вихерта—колеблется отъ 1/5 до 1/3 скорости свѣта, смотря по приложенной силѣ; ударяясь о твердое тѣло, такой электронъ долженъ вызвать въ окружающей средѣ взрывную волну подобно тому, какъ ударяющійся снарядъ вызываетъ звуковую волну. Имѣются основанія думать, что рёнтгеновскіе лучи суть такія волны. Далѣе, если электроны вылетаютъ изъ поверхности катода, то и внутри электрода они должны двигаться, приближаясь къ его поверхности; такимъ образомъ электрическій токъ въ металлѣ состоитъ также изъ движенія электроновъ. Слѣд., тогда какъ въ жидкомъ электролитѣ электронъ всегда связанъ съ матеріальнымъ атомомъ и является въ видѣ „іона", внутри металла мы встрѣчаемъ свободно движущіеся электроны. Эта теорія электроновъ въ металлахъ, основателемъ коей мы уже признали Вебера, въ послѣднее время настолько разработана математически Рике и Друде, что поддается опытной провѣркѣ; такъ для отношенія электропроводности къ теплопроводности металловъ получаются числа, которыя лишь на нѣсколько процентовъ отличаются отъ тѣхъ, которыя даютъ наблюденія; и оптическія свойства металловъ, повидимому, хорошо согласуются съ этою теоріею; Ленардъ показалъ, что ультрафіолетовые лучи, освѣщая металлическую поверхность, приводятъ электроны металла въ столь сильныя колебанія, что они отрываются отъ него и движутся съ громадною скоростью, пріобрѣтая свойства обыкновенныхъ катодныхъ лучей, образуемыхъ разрядами [1]).

Наконецъ и электропроводность газа, пронизываемаго ультрафіолетовыми или рёнтгеновскими лучами или же сильно нагрѣтаго, объясняется вполнѣ удовлетворительно допущеніемъ, что въ такомъ газѣ перемѣщаются частички; эту теорію создали Дж. Дж. Томсонъ и его ученики. Изъ нѣкотораго различія между свойствами положительныхъ и отрицательныхъ частичекъ, наблюдаемаго при этихъ явленіяхъ, можно заключить, что отрицательныя частички образуютъ свободные электроны, изъ коихъ большинство, однако, послѣ нѣкотораго времени движенія, улавливается частицами газа; отягощенные послѣдними, они отчасти теряютъ свою первоначальную подвижность. Послѣ того,

---

[1]) См. *Физическое Обозрѣніе* 2 т. (1901) стр. 298.

какъ отрицательный электронъ съ своею ничтожною матеріальною массою отдѣлится отъ молекулы, остатокъ послѣдней сохраняетъ въ себѣ положительный электронъ. Такое представленіе вполнѣ устраняетъ одно возраженіе, которымъ прежде опровергали теорію іоновъ проводящихъ газовъ. Какъ можетъ, говорили нѣкоторые, диссоціироваться на іоны одноатомный газъ, напр. паръ ртути? Конечно, онъ не можетъ диссоціироваться на электролитическіе іоны, но онъ можетъ диссоціироваться на положительно заряженный атомъ и на отрицательный электронъ. Только оба вмѣстѣ они образуютъ нейтральную одноатомную частицу. Изъ наблюденій надъ проводящими газами Дж. Дж. Томсону удалось даже измѣрить абсолютную величину заряда отдѣльнаго іона; онъ оказался очень близокъ къ элементарному заряду, о которомъ говорили выше. Прибавимъ къ этому, что недавно Планкъ изъ разсмотрѣнія лучеиспусканія „черняго тѣла" нашелъ приблизительно ту же величину электрона.

Такимъ образомъ въ тѣлахъ всѣхъ состояній электроны играютъ важную роль, какъ въ электрическихъ, такъ и въ оптическихъ явленіяхъ; пока это мельчайшія составныя части нашего видимаго міра. Если бы намъ удалось замѣтить проявленіе электроновъ и при отсутствіи видимыхъ электрическихъ и оптическихъ воздѣйствій, т. е. найти прямое доказательство ихъ непрерывнаго существованія, то это увѣнчало бы наше логическое построеніе, возникновеніе котораго я хотѣлъ представить вамъ. И за этимъ дѣло не стало.

Вскорѣ послѣ открытія X-лучей Рёнтгеномъ, Беккерель нашелъ, что соединенія урана непрерывно и помимо внѣшнихъ воздѣйствій испускаютъ особые лучи, имѣющіе большое сходство съ рёнтгеновскими лучами. Впослѣдствіи Шмидтъ показалъ, что и соединенія торія испускаютъ подобные лучи. Дальнѣйшія изслѣдованія преимущественно супруговъ-физиковъ Кюри доказали, что эти лучи испускаются не самимъ ураномъ, но какими-то примѣсями къ нему, которыя только крайне затруднительнымъ фракціонированіемъ могутъ быть отдѣлены отъ урана, послѣ чего получается вещество, дающее лучи въ 50000 разъ болѣе интенсивные, чѣмъ уранъ. Въ окончательномъ продуктѣ, состоящемъ главнымъ образомъ изъ какой-то баріевой соли, заключается, повидимому, новый элементъ, которому дали названіе *радія*, т. е. „лучистаго"; конечно, этимъ еще не доказано, чтобы именно нашъ новый элементъ былъ исходною точкою лучеиспус-

канія. Сначала эти беккерелевскіе лучи считали родственными съ рёнтгеновскими лучами; но Гизель, а затѣмъ и Беккерель нашли, что они испытываютъ магнитное отклоненіе, и потому скорѣе уподобляются катоднымъ лучамъ; послѣ того, какъ Дорнъ и Беккерель обнаружили ихъ электрическую отклоняемость и даже измѣрили ее (хотя и не особенно точно), можно было для этихъ лучей вычислить скорость и зарядъ на единицу массы; судя по порядку, полученныя величины совпадаютъ съ подобными же величинами, полученными для катодныхъ лучей. Изъ болѣе точныхъ измѣреній докладчика вытекаетъ, повидимому, полное тождество тѣхъ и другихъ лучей.

Такимъ образомъ радіевыя соли образуютъ классъ тѣлъ, которыя сами, безъ всякаго внѣшняго воздѣйствія, способны выбрасывать изъ себя электроны. Какъ источникъ, такъ и механизмъ всего явленія представляетъ полную загадку, тѣмъ болѣе что тутъ развиваются скорости, которыя почти равны скорости свѣта и которыя при помощи электрическихъ силъ (т. е. въ случаѣ настоящихъ катодныхъ лучей) достигаются лишь послѣ преодолѣнія громадныхъ затрудненій. Явленія, представляемыя электронами, движущимися съ такими большими скоростями, повидимому, даютъ намъ возможность сдѣлать заключеніе объ ихъ строеніи. Прежде всего прямые опыты должны рѣшить вопросъ, не обладаютъ-ли электроны лишь „кажущеюся" массою, проявляющеюся ихъ электродинамическими дѣйствіями. Сдѣланные до сихъ поръ опыты дѣйствительно говорятъ въ пользу допущенія „кажущейся" массы.

Отсюда мы переходимъ къ вопросу, имѣющему чрезвычайно важное значеніе для строенія вещества вообще. Если электрическій атомъ, лишь благодаря своимъ электродинамическимъ свойствамъ, представляется какъ бы инертною матеріальною точкою, то не слѣдуетъ-ли тогда и всѣ массы вообще разсматривать, какъ кажущіяся? Такъ какъ всѣ попытки механическихъ объясненій электрическихъ явленій оказались безплодными, то не попробовать-ли наоборотъ—механику свести къ электрическимъ процессамъ? Здѣсь мы возвращаемся къ воззрѣніямъ, которыя Цёльнеръ развивалъ 30 лѣтъ тому назадъ и которыя вновь приняты и усовершенствованы Лоренцомъ, Дж. Дж. Томсономъ и Виномъ. Если всѣ матеріальные атомы состоятъ изъ конгломерата электроновъ, то инертность ихъ понятна сама собою.

Для объясненія тяготѣнія нужно еще принять, что—при

остальныхъ равныхъ условіяхъ—электрическое притяженіе больше электрическаго отталкиванія. Experimentum crucis для такого воззрѣнія было бы доказательство, что тяготѣніе распространяется не мгновенно и что оно зависитъ не только отъ положенія, но также и отъ скорости притягиваемаго тѣла.

Тогда электроны были бы „первичные атомы", различною группировкою которыхъ образуются всѣ химическіе элементы; тогда, можетъ быть, мечты алхимиковъ о превращеніи элементовъ были бы недалеки отъ осуществленія. Можно было бы напр. принять, что между безчисленными возможными группировками электроновъ только сравнительно ограниченное число ихъ достаточно устойчиво, чтобы образовать значительныя массы; эти устойчивыя группировки были бы извѣстные намъ химическіе элементы. Математическою обработкою вопроса, можетъ быть, удастся выразить сравнительную распространенность элемента, какъ функцію его атомнаго вѣса, и разрѣшить другія загадки періодической системы элементовъ.

Пусть кое-что представляется еще гипотетичнымъ; изъ сказаннаго все-таки ясно слѣдуетъ, что электроны—эти ничтожныя частички, которыя во столько же меньше бацилъ, во сколько эти послѣднія меньше земли, но свойства которыхъ, однако, можно измѣрить съ величайшею точностью—что эти электроны образуютъ важнѣйшее основаніе всего міроздания.

Демонстрированіе нѣкоторыхъ оптическихъ явленій.

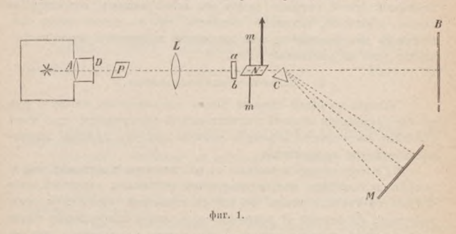
В. К. Роше.

1. *Вращеніе плоскости поляризаціи* [1]).

Свѣтъ вольтовой дуги, послѣ преломленія въ стеклѣ A, падаетъ параллельнымъ пучкомъ на діафрагму D съ вертикальною щелью. При помощи линзы L изображеніе щели проектируется на экранъ B. Между щелью и линзою помѣщается поляризаторъ P (призма Сенармона), за линзою (приблизительно на фокусномъ

[1]) Въ нѣсколько иной формѣ этотъ опытъ впервые былъ поставленъ на лекціяхъ проф. Н. Н. Шиллера его ассистентомъ, І. І. Косоноговымъ.

разстояніи отъ нея) ставится николь N, служащій анализаторомъ. Непрозрачный экранчикъ mm, окружающій анализаторъ, задерживаетъ одинъ изъ пучковъ, выходящихъ изъ призмы P, и на экранѣ получается одно изображеніе щели. Вращая анализаторъ, мы наблюдаемъ измѣненіе яркости изображенія, которая достигаетъ maximum въ тотъ моментъ, когда плоскость главнаго сѣченія николя становится перпендикулярною къ плоскости поляризаціи падающаго на него пучка лучей, и затѣмъ, умень-



фиг. 1.

шаясь при дальнѣйшемъ вращеніи анализатора, доходитъ до нуля при параллельности этихъ плоскостей. Установивъ анализаторъ на полное затуханіе, помѣщаемъ передъ нимъ пластинку кварца ab, вырѣзанную перпендикулярно его кристаллографической оси. На экранѣ появляется окрашенное изображеніе щели. На пути лучей, выходящихъ изъ анализатора N, поставимъ стеклянную призму C, такъ чтобы часть этихъ лучей перехватывалась этою призмою и отклонялась на экранъ M, другая же часть лучей, минуя призму C, по прежнему достигала экрана B. Тогда на экранѣ B остается изображеніе щели, а на экранѣ M появляется спектръ съ поперечною черною полосою, болѣе или менѣе широкою, смотря по толщинѣ кварцевой пластинки и размытою по краямъ. Лучше всего опытъ выходитъ съ пластинкою въ 7·5 mm. толщины, дающею, при скрещенныхъ николяхъ, фіолетовую окраску поля и рѣзкую черную полосу въ желтой части спектра.

Вращая пластинку около ея оси, мы не наблюдаемъ никакихъ измѣненій, а поворачивая анализаторъ, замѣчаемъ, что окраска изображенія непрерывно мѣняется, и рядомъ съ этимъ тем-

ная полоса перемѣщается отъ одного конца спектра къ другому. Замѣтивъ положеніе этой полосы при различныхъ поворотахъ николя, мы непосредственно рѣшимъ вопросъ, какъ расположены плоскости поляризаціи лучей различныхъ цвѣтовъ. Лучи спектра, соотвѣтствующіе серединѣ темной полосы, вполнѣ затухаютъ; слѣдовательно ихъ плоскость поляризаціи совпадаетъ съ главнымъ сѣченіемъ николя. Если эта послѣдняя обозначена какимъ-нибудь индексомъ, напр. стрѣлкою, то положеніе плоскости поляризаціи лучей каждаго цвѣта мы легко можемъ отмѣтить и, такимъ образомъ, наглядно показать, что въ пучкѣ свѣта, вышедшемъ изъ пластинки, эти плоскости повернуты около направленія луча на различные углы.

2. *Эллиптическая поляризація.*

Описанною выше схемою можно пользоваться также и при демонстрированіи явленій эллиптической поляризаціи, при чемъ наглядно выступаетъ коренное отличіе ихъ отъ явленій вращенія плоскости поляризаціи.

На мѣсто кварца вставимъ въ *ab* гипсовую пластинку, вырѣзанную параллельно оси, и повернемъ ее такимъ образомъ, чтобы ось составляла уголъ въ 45° съ главными азимутами поляризатора. На экранѣ *B* появится окрашенное изображеніе щели, а въ спектрѣ—темная полоса. Поворачивая анализаторъ, мы замѣчаемъ, что темная полоса остается на одномъ мѣстѣ, но постепенно слабѣетъ и наконецъ совсѣмъ исчезаетъ; параллельно съ этимъ, цвѣтъ изображенія, сохраняя свой оттѣнокъ, постепенно размывается и становится бѣлымъ. При дальнѣйшемъ вращеніи выступаетъ темная полоса уже въ иномъ мѣстѣ спектра и, не измѣняя своего положенія, становится все гуще и гуще, а цвѣтъ щели переходитъ въ дополнительный.

И здѣсь, какъ въ первомъ опытѣ, мы наблюдаемъ неравномѣрное затуханіе различныхъ лучей спектра, обусловливающее окраску изображенія щели, но причину этого, очевидно, нельзя уже искать въ поворотахъ плоскостей поляризаціи на различные углы и для дальнѣйшаго выясненія характера этого явленія приходится обратиться къ изслѣдованіямъ иного рода.

Кіевъ, физическій кабинетъ университета, 1901 г.